Regierung des Fürstentums Liechtenstein Amt für Wald, Natur und Landschaft Grundlagenstudie zur Hydrologie, Bodenbeschaffenheit und Agrarnutzung im Naturvorranggebiet des Ruggeller Rietes **Botanisch-Zoologische Gesellschaft** Liechtenstein-Sargans-Werdenberg e.V.

Grundlagenstudie zur Hydrologie, Bodenbeschaffenheit und Agrarnutzung im Naturvorranggebiet des Ruggeller Rietes

Inhalt des Berichtes

Zusammenfassung (RENAT AG)

- 1 Ausgangslage
- 2 Untersuchungsperimeter
- 3 Aufgabenstellung
- 4 Vorgehen
- 5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Hydrologie und Bodenbeschaffenheit Ruggeller Riet (OePlan GmbH)

- 1 Kurzbericht zu Boden und Bodenwasserhaushalt
- 2 Pläne (Bodenkarte, Futterbauliche Nutzungseignung und Futterbauliche Nutzungsempfehlung)
- 3 Beilagen (Empfehlungen FAL, Wasserstandsmessungen, Nährstoffmessungen)
- 4 Zusammenfassung und Interpretation

Agrarnutzung (Klaus Büchel Anstalt)

- 1 Ausgangslage / Auftrag
- 2 Projektstand
- 3 Schlussfolgerungen
- 4 Empfehlungen für das weitere Vorgehen
- 5 Literaturverzeichnis

September 2001

Botanisch-Zoologische Gesellschaft Liechtenstein-Sargans-Werdenberg e.V. Im Bretscha 22 FL-9494 Schaan

Grundlagenstudie zur Hydrologie, Bodenbeschaffenheit und Agrarnutzung im Naturvorranggebiet des Ruggeller Rietes

Zusammenfassung

1 Ausgangslage

Beobachtungen und Erhebungen der Vegetation und indikatorischer Tiergruppen in den letzten 25 Jahren weisen auf eine drastische Erhöhung der Eutrophierung im Naturschutzgebiet Ruggeller Riet hin. Ein Indiz für einen verstärkten Nährstoffeintrag oder -freisetzung ist insbesondere die Verdoppelung der Fläche der Mädesüss-Flur (*Valeriano-Filipenduletum*)¹ bzw. die starke Zunahme des Sumpfrohrsängers von 13 Revieren im Jahre 1979² auf heute 43 Reviere³, einer Art, die schwerpunktmässig in nährstoffreicheren Hochstaudenriedern (v.a. Mädesüss-Flur) vorkommt. Mögliche Ursachen der Veränderungen könnten auf einen verstärkten Nährstoffeintrag aus angrenzend landwirtschaftlich genutzten Gebieten (Direkteinwirkung oder via Gewässernetz), auf Mineralisierungsprozesse aufgrund eines gesunkenen Grundwasserspiegels oder durch Eintrag aus der Luft zurückzuführen sein.

Zu den wesentlichen Faktoren im Nährstoffhaushalt eines Flachmoores gehören die lokale Hydrologie, die Bodenbeschaffenheit und die Agrarnutzung des Flachmoores und seiner Umgebung. Im Rahmen einer Grundlagenstudie wurden diese Faktoren in den Bereichen Bodenwasserhaushalt, Böden und Agrarnutzung untersucht, um ein besseres Verständnis über die Nährstoffabläufe zu erreichen und mögliche Ursachen der Veränderungen zu verifizieren.

Die einzelnen Bereiche wurden durch folgende Büros bearbeitet:

Bereich		Bearbeiter
A.	Bodenwasserhaushalt	OePlan GmbH, Balgach
B.	Boden	OePlan GmbH, Balgach; in Zusammenarbeit mit Forschungsanstalt Reckenholz FAL
C.	Agrarnutzung	Klaus Büchel Anstalt, Mauren

Die Koordination lag in den Händen von Dr. Mario F. Broggi, die Zusammenfassung erstellte die RENAT AG, Schaan.

¹ Broggi, M.F. (1994): Eine vergleichende Auswertung der Vegetationskartierungen des Ruggeller Rietes (1972 und 1993). In: Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg, 21, S. 47-56.

² Willi, G. (1990): Die Vogelwelt des Ruggeller Rietes. In: Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg, 18, S. 177-211.

³ Willi, G. (in Vorb.): Bemerkenswerte Beobachtungen aus der regionalen Avifauna 2001. In: Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg.

2 Untersuchungsperimeter

Die Untersuchungen konnten nicht auf den Naturschutzperimeter des Ruggeller Rietes beschränkt werden, da verstärkte Nährstoffeinträge aus angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Gebieten durch Direkteinwirkung oder via Grundwasserströme (Hydrologie) nicht auszuschliessen sind. So umfasste der erweiterte Perimeter das Gebiet zwischen Landesgrenze im Norden und Noflerstrasse im Süden, zwischen Spiersbach im Westen und Hangfuss des Eschnerberges im Osten (vgl. *Abbildung 1*).

Abbildung 1: Projektperimeter (M 1: 20'000)



3 Aufgabenstellung

Bodenwasserhaushalt

Es waren die Grundwasserverhältnisse im Randbereich des Schutzgebietes, gekoppelt mit dem Einfluss der Wasserstandsschwankungen in den Vorflutern, sowie der Nährstoffhaushalt und - transport zu erfassen. Dazu wurden auf vier Transekten Piezometer gesetzt.

Boden

Für die Schaffung einer Grundlage für die Bearbeitung landwirtschaftlicher Fragestellungen waren die Bodenverhältnisse im Schutzgebiet und im angrenzenden Gebiet mittels Bodenansprache zu erfassen. Damit wurde die Überarbeitung der alten Bodenkarte aus dem Jahre 1984 möglich.

Agrarnutzung

Mit der Erfassung der verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturen im Laufe der letzten Jahrzehnte, der Nutzungsintensität, der Nährstoffversorgung und der Stoffflussbilanz wurden Hinweise der Nährstoffabläufe im Gebiet erwartet. Dazu waren vorhandene Akten zu studieren, Umfragen bei den Bewirtschaftern und Bodenansprachen durchzuführen. Gekoppelt war dies mit der Öffentlichkeitsarbeit bei den Bauern.

4 Vorgehen (Einbezug Bewirtschafter)

Vorgehen und Methode für die verschiedenen Bereiche werden in den einzelnen Berichten detaillierter vorgestellt. Zusätzlich wurden die Bewirtschafter im Projektgebiet von Beginn weg in die Projektaktivitäten miteinbezogen und laufend über die Ereignisse der Untersuchungen informiert. So fand am 27. März 1996 eine erste Orientierung in Ruggell statt, an der das Projekt im Detail vorgestellt wurde. Die erste Flurbegehung erfolgte am 23. September 1996. Am 27. Mai 1997 wurde ein erster Entwurf der Bodenkarte vorgestellt und über die standortgerechte Düngung gesprochen. Am 19. August 1997 fand eine weitere Feldbegehung statt.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

5.1 Bodenwasserhaushalt

Neben dem im Projektgebiet angelegten Netz an offenen Gräben, die im Ruggeller Teil durchschnittlich alle 200 m von Ost nach West das Gebiet in den Spiersbach entwässern, bestehen zusätzlich kleinflächig Maulwurfdrains, deren Einfluss auf den Wasserhaushalt nicht zu unterschätzen ist. Das Schellenberger Riet wurde 1970 mit einer systematischen Drainage und Pumpwerk beim Spiersbach ausgestattet. Bei den tieftorfigen Böden dieses Gebietes treten infolge Mineralisation der Torfschichten Sackungen mit geschätzten 2 cm pro Jahr auf.

Die eigentlichen Moor- und Halbmoorböden liegen im zentralen Bereich des Ruggeller Rietes, rund 0,5 m über dem umliegenden, intensiv genutzten und entwässerten Gebiet im Osten und Westen. Die Böden sind meist bis an die Oberfläche porengesättigt. Die Sohlen der Entwässerungsgräben liegen im Mittel 1,5 m unter dem mittleren Gelände, der Grenzgraben gar 2,5 m.

Entsprechend liegt der Grundwasserspiegel im Naturschutzgebiet im Mittel deutlich höher als in der Umgebung, wobei Hinweise auf gespannte Grundwasserverhältnisse bestehen. Diese rühren wahrscheinlich von undurchlässigen Schichten her, die über durchlässigen Schichten liegen. Die erhöhte

Lage des Gebietes und das Entwässerungs- und Kanalsystem rund um das Naturschutzgebiet bewirken, dass der Einfluss des Niederschlages deutlich dominiert.

Der Einfluss der Gräben auf den Wasserhaushalt ist abhängig vom Boden. Bei sandigen Böden ist die Entwässerungswirkung gross, z.B. im Bereich des Zolls Ruggell-Nofels über 100 m, im Moorund Halbmoorbereich hingegen eher gering, in der Regel im Meterbereich. Heute bewirken die Gräben vor allem eine rasche, oberflächliche Abtrocknung nach Regenereignissen, dies im Gegensatz zu früher. Seit der Anlage der Gräben hat sich die Terrainoberfläche in den Moorböden an den Bodenwasserspiegel angeglichen und damit auch die Vegetation, wie die neueste Vegetationskartierung zeigt. Heute ist vor allem noch die starke Verbuschung (v.a. Faulbaum) Ausdruck einer verspäteten Folge früherer Eingriffe in den Wasserhaushalt.

Durch Rückstau aus dem Spiersbach in die Gräben können Nährstoffe ins Schutzgebiet gelangen, der diesbezügliche Einfluss auf den Nährstoffgehalt ist jedoch gering. Die nährstoffreicheren Pflanzengesellschaften entlang der Gräben dürften viel mehr auf die Deponierung von Grabenaushub zurückzuführen sein.

Die Piezometer-Messungen auf vier Transekten von April 1996 bis Oktober 1997 ergaben, dass der Grundwasserspiegel in Grabennähe abgesenkt wird. Der direkte seitliche Einfluss hängt von der Körnung des Bodensubstrates sowie der Tiefenlage der Grabensohle ab und betrug in einem Fall beim Spiersbach ca. 5 m.

Ein Vergleich der Vegetationseinheiten aus der neuesten Kartierung mit den mittleren Grundwasserständen zeigte, dass letzterer beim Spierstaudenriet 30 – 58 cm, bei der Pfeifengraswiese mit Spierstaude bei 20 – 28 cm und beim Kopfbinsenriet bei 10 – 17 cm unter Terrain liegt.

Die Untersuchungen der Wasserchemie ergab beim Nitrat, dass das schweizerische Qualitätsziel vor allem beim Drainagewasser aus dem Schelleberger Riet mehrmals deutlich überschritten wurde, jeweils nach grösseren Vorregen. Auch die Ammonium-Werte lagen an dieser Stelle beinahe durchwegs über dem Qualitätsziel, dies auch häufig an den Gräben und am Spiesbach. Nur selten wurde das Qualitätsziel beim Phosphor überschritten.

Die vorgeschlagenen Massnahmen lassen sich in drei Punkten zusammenfassen:

- Wasserhaushalt: Die faunistischen und floristischen Befunde weisen auf einen schleichenden Verlust an Naturwerten hin. Im Sinne einer Erhaltung und Optimierung der heutigen Verhältnisse ist ein Wassermanagement zu überlegen, das an ausgewählten Standorten für bestimmte Zeit einen Einstau ermöglicht, wie dies in anderen Riedgebieten geschieht (z.B. neu im Rheindelta).
- Nährstoffgehalt: Die Wasserqualität des Spiersbaches ist zu verbessern, z.B. durch ein nachgeschaltetes Pflanzen-Klärbecken beim Pumpwerk. Auch sollte durch Grundwasserbewirtschaftung die Torfsackung und die Mineralisation im Schelleberger Riet begrenzt werden.
- Abgestufte Nutzung: Um die Kerngebiete sind extensiv genutzte Wieslandgürtel anzulegen, ebenso sind konsequent Pufferzonen im direkten Kontakt zwischen Streueland und Intensivwiesen auszuscheiden (vgl. Agrarnutzung).

Für das weitere Vorgehen werden vertiefende Studien über Einstaumöglichkeiten und über Nutzungs- und Wasserhaushaltsoptimierung im Schellenberger Riet vorgeschlagen.

5.2 Böden

Um eine bessere Grundlage für die Bearbeitung landwirtschaftlicher Fragestellungen zu erhalten, wurde die alte, sehr rudimentäre Bodenkarte aus dem Jahre 1984 überarbeitet. Die Aufnahmen erfolgten in den Jahren 1996 und 1997.

Neben den speziell bezeichneten Auffüllungen wurden Grundnässe, Gründigkeit, Bodentypen und Zersetzungsgrad des Torfes beurteilt. Daraus wurden Eignungsklassen abgeleitet, die auf dem Prinzip der Nachhaltigkeit basieren, und von futterbetonter Fruchtfolge bis Streueland (5 Kategorien) reichen. Auch wurden Risikostufen gebildet, wobei dazu die am stärksten einschränkenden Standorteigenschaften, d.h. entweder Wasserhaushalt, Gründigkeit oder Körnung, massgebend waren.

Als Kombination von Eignungsklasse und Risikostufe wurde eine Nutzungsempfehlung abgegeben. Die in einer Karte angegebene Nutzungsempfehlung entspricht der tatsächlichen Eignung, wurde aber zusätzlich noch der Parzellenstruktur, der Schutzverordnung und der heutigen Nutzung unter Rücksichtnahme der lokalen Verhältnisse teilweise angepasst. Die Karte zeigt eine Abstufung von Nord nach Süd, beginnend mit extensiver Nutzung (Streueland, Wiesland bis 2 Nutzungen) v.a. im Bereich des Naturschutzgebietes, bis mittel intensiver Nutzung (Wies- und Weideland mit bis zu 4 Nutzungen) im südwestlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (entlang Noflerstrasse – oberer Bereich Spiersbach) und auch im Gebiet Kübelesmähder.

5.3 Agrarnutzung

Um den Einfluss der Bewirtschaftung auf den Nährstoffhaushalt im Schutzgebiet beurteilen zu können, wurden folgende Abklärungen und Untersuchungen durchgeführt:

- Nutzungsentwicklung: Erfassung und Auswertung der Nutzungsentwicklung in der Umgebung des Schutzgebietes (1970-2000)
- Nährstoffversorgung: Erfassung und Auswertung der Entwicklung des Tierbesatzes, Messung und Auswertung der Stickstoff-Mineralisation auf landwirtschaftlich genutzten Parzellen, Analyse und Auswertung der Nährstoffvorräte sowie der chemisch-physikalischen Eigenschaften von landwirtschaftlich genutzten Parzellen.
- *Nährstoffflüsse*: Bilanzierung der Zu-Wegfuhren von Nährstoffen im Projektgebiet

Bei der *Nutzungsentwicklung* der Ruggeller und Schellenberger Landwirtschaftsbetriebe blieb die offene Ackerfläche zwischen 1970 und 1980 praktisch konstant. Sie liegt fast ausschliesslich im Grossraum Ruggeller und Schellenberger Riet und betrug rund 76 ha, was 11% der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) ausmacht. Zwischen 1980 und 1990 nahm die offene Ackerfläche auf 112 ha zu (64 ha Silomais), was 19% der LN entsprach. Die Zunahme verflachte sich, bis 1995 betrug sie nochmals 17 ha, von 1996-2000 noch 6 ha. Deutlich nahm die Fläche der Kunstwiesen von 4 ha (1969) auf 60 ha (2000) zu.

Die *Nährstoffversorgung* kann grob aufgrund des Tierbesatzes abgeschätzt werden (Ausbringung von Hofdüngern wie Mist und Gülle im Projektgebiet). Der Tierbesatz stieg zwischen 1969 und 1990 von 1,1 Grossvieheinheit (GVE) pro Hektar über 1,3 GVE/ha (1980) auf 1,8 GVE/ha (1990). Danach hat dieser Wert wieder auf 1,1 GVE/ha (1995) bzw. 0,9 GVE/ha im Jahr 2000 abgenommen. Damit hat das durch Hofdünger verursachte Risiko eines erhöhten Eutrophierungsgrades im Gebiet des Ruggeller Rietes seit Beginn der 90-er Jahre deutlich abgenommen.

Die Messung von Nmin-Werten, die Auskunft über die Höhe der Stickstoffmineralisation geben, auf 5 Parzellen von April bis November 1997 ergab sehr unterschiedliche Resultate. Nach Bodenbearbeitungsmassnahmen (z.B. Pflügen, Fräsen) und nach Güllegaben wurden deutlich höhere Nmin-Werte gemessen. Die Nmin-Werte in ackerbaulich genutzten Parzellen sind fast durchwegs (z.T. deutlich) höher als in futterbaulich genutzten Parzellen, wobei hohe Temperaturen und Niederschläge gerade in Moorböden die Stickstoff-Mineralisation fördern.

Nährstoffvorräte und physikalisch-chemischer Zustand wurden auf 14 Parzellen, die futterbaulich oder als Streuefläche genutzt wurden, erhoben. Die Parameter geben u.a. Auskunft über das Gefährdungspotential bezüglich Nährstoffauswaschung- bzw. –ausschwemmung. Verfügen die landwirtschaftlich genutzten Parzellen über hohe Reserven an Nährstoffen, (v.a. Phosphor und Kalium, die in Niedermoorböden die Minimumnährstoffe darstellen), so besteht eine erhöhte Gefahr an Nährstoffeinträgen in das Schutzgebiet. Die Analysen zeigten, dass Phosphor, Kalium und Calcium-Vorräte im optimalen bis tiefen Bereich liegen, dass einzelne Parzellen über hohe bis sehr hohe Vorräte an Magnesium verfügen. Mehrheitlich handelte es sich um organische Moorböden mit hohem Humusgehalt und geringem Tonanteil, was zu hoher und teilweise unkontrollierter Mineralisierung führen kann und damit die Gefahr der Nährstoffauswaschung steigt.

Die *Nährstoffflüsse* wurden anhand von Nährstoffhaushaltrechnungen durchgeführt, die für die im Acker- und Futterbau benötigten Nährstoffe den effektiv zur Verfügung stehenden Nährstoffmengen aus Tierhaltung und Düngung gegenüberstellen. Die Berechnungen umfassen 14 Betriebe in den Jahren 1997 und 2000, wobei in diesem Zeitraum der absolute Überschuss bei allen Nährstoffen deutlich reduziert wurde.

Stickstoff- und Phosphorhaushalt kann für alle Betriebe (eine Ausnahme beim Stickstoff) als ausgeglichen betrachtet werden. Hingegen ist der Kaliumhaushalt bei den meisten Betrieben nicht ausgeglichen und weist in der Regel einen deutlichen Überschuss auf. Dies ist auf die Rindviehhaltung zurückzuführen, da deren Gülle und Mist einen hohen Kaliumgehalt aufweist.

Eine Bilanzierung der Nährstoffflüsse ermöglicht die Abschätzung der potentiellen Gefahr einer Eutrophierung im Schutzgebiet. Im Falle des Stickstoffes zeigte es sich, dass Auswaschungspotential beim Grünland sehr gering, hingegen gross bei offenen Ackerflächen ist. Mit den grössten Auswaschverlusten ist bei Kulturen mit hohem Bracheanteil wie z.B. bei Silomais zu rechnen. Die Stickstoff-Überschüsse gelangen via Drainage entweder in den Vorfluter oder werden ins Grundwasser ausgewaschen. Während das Phosphor-Auswaschungspotential aufgrund der Berechnungen sehr gering ist, ist dieses beim Kalium relativ hoch.

Abschliessend ist festzustellen, dass die landwirtschaftliche Nutzung in Bezug auf eine Eutrophierung im Schutzgebiet ein grosses Gefahrenpotential in sich birgt, dass aber die bisherigen Abklärungen noch keine schlüssigen Ursachenfeststellung zulässt. Tatsache ist, dass die meisten Böden im Ruggeller Riet eine geringe Nährstoffspeicherkapazität aufweisen und deshalb stark auswaschungsgefährdet sind. Dies erfordert hohe Anforderungen an eine standortgerechte und nachhaltige Nutzung. Dies wird dadurch unterstrichen, weil ein vergleichsweise tiefes natürliches Ertragsniveau der landwirtschaftlich genutzten Parzellen mit einem eher geringen Nährstoffnachlieferungsbedarf vorliegt, und damit die Gefahr für eine Überdüngung und entsprechender Nährstoffauswaschung gross ist. Wichtig in diesem Zusammenhang ist deshalb eine parzellenweise Nutzungsplanung und die

laufende Überprüfung der Einhaltung der Anforderungen an eine standortgerechte und nachhaltige Nutzung auf den einzelnen Parzellen.

Das Schwergewicht für das zukünftige Vorgehen liegt auf einer standortgerechten Nutzung im ganzen Projektgebiet, was in erster Linie mit folgenden Massnahmen erreicht werden kann:

- Durchführung einer Nutzungsplanung: Die vorliegenden Grundlagen sind auf jeden einzelnen Betrieb bzw. jede einzelne Parzelle herunterzubrechen. Die Extensivierung hat je nach Umfang weitreichende Konsequenzen für einen Betrieb, der diesbezüglich unterstützt und beraten werden muss.
- Erarbeiten eines Kontrollkonzeptes: Die Einhaltung der Anforderungen ist periodisch zu überwachen. Ein Kontrollkonzept hat die Überprüfung der einzelbetrieblichen Nährstoffbilanzen, der Aufzeichnung der Kulturführung, der Anbauplanung etc. zu umfassen.
- Erarbeitung eines Anreizsystems: Eine standortgerechte Nutzung kann nur dann umgesetzt werden, wenn die entsprechenden finanziellen Anreize vorhanden sind. Die Entschädigungen sind so auszugestalten, dass die Einbussen durch die Nutzungseinschränkungen zumindest kompensiert werden oder gar eine leichte Einkommenssteigerung resultiert (in diesem Zusammenhang wichtig ist die Anpassung der Entschädigungen innerhalb des Schutzgebietes an die Sätze ausserhalb, da diese Ungleichheit heute viele Bewirtschafter davon abhält, Extensivierungen im NSG vorzunehmen).
- Überarbeitung des Info-Konzeptes: Das Schwergewicht der bisherigen Information aller Bauern über Projektstand und –massnahmen muss auf die gezielte Beratung der Bewirtschafter in Bezug auf eine standortgerechte Bodennutzung verlagert werden. Dabei geht es darum, wie die konkreten Massnahmen auf den einzelnen Parzellen umgesetzt werden können.

HYDROLOGIE UND BODENBESCHAFFENHEIT RUGGELLER RIET

IM AUFTRAG DER BOTANISCH-ZOOLOGISCHEN GESELLSCHAFT LIECHTENSTEIN - SARGANS - WERDENBERG (BZG)

- 1. KURZBERICHT ZU BODEN UND BODENWASSERHAUSHALT
- 2. PLÄNE
- I. BODENKARTE
- II. FUTTERBAULICHE NUTZUNGSEIGNUNG
- III. FUTTERBAULICHE NUTZUNGSEMPFEHLUNG
- 3. BEILAGEN
- I. EMPFEHLUNGEN DER FAL, 15.1.97 (DR.H.CONRADIN)
- II. ZUSAMMENSTELLUNG WASSERSTANDSMESSUNGEN
- III. ZUSAMMENSTELLUNG NÄHRSTOFFMESSUNGEN (WASSERCHEMIE)
- 4. ZUSAMMENFASSUNG UND INTERPRETATION



DATUM: Ende September 2001

- * Thomas Oesch, dipl.Kulturing. ETH/SIA
- * Reto Fust, dipl.Kulturing. ETH
- * Rolf Stieger, dipl.Landschaftsarchitekt HTL

■ Wegenstr. 5, 9436 Balgach, Tel. 071/722 57 22, Fax 071/722 57 32
 □ Spinnereistr. 29, 8640 Rapperswil, Tel./Fax 055/210 29 02

1. KURZBERICHT ZU BODEN UND BODENWASSERHAUSHALT

1.1 Auftrag und Bearbeitung

Im Auftrag der Botanisch-Zoologischen Gesellschaft (BZG) ist auf einer Gesamtfläche von 220 ha der Bodenaufbau (Klassierung gemäss üblichem Standard), die Bodeneignung und die zugehörige Risikoeinstufung zu bestimmen. Die Feldarbeiten erfolgten im Sommer und Herbst 1996, eine Überprüfung und Überarbeiten erfolgte im Sommer 1997.

Zur fachlichen Beratung wurde die Forschungsanstalt Reckenholz FAL (Dr.H.Conradin, Dr. K.Peyer) beigezogen, welche ein Kurzgutachten zur Beurteilung der Nutzungseignung (Vergleiche mit ähnlichen Gebieten in der Schweiz) mit Datum 20.1.97 verfasst hat (siehe Beilage I).

Die Feldarbeit und Klassierung erfolgte durch R.Fust und T.Oesch, die Überprüfung und die Bestimmung der Eignungsklassen lag in den Händen von T.Oesch, nach Rücksprache mit Dr. Hans Conradin.

Die Pläne sind EDV-gestützt durch R.Stieger erstellt worden.

Als Grundlagen standen zur Verfügung:

- Kartierung 1984 (P. Juhasz: Eignungskarte 1:5'000)
- Bodenanalysen 1996 (zum Vergleich der Bodenkörnung/ Humusgehalt: Büro K.Büchel)

1.2. Grundlagen der Bodeneignung

1.2.1. Naturgegebene Randbedingungen

Geologie:

Alluvialbereich des Rheines, mit ausgedehntem Moorkomplex im Hinterwasser, gebildet durch den Schuttfächer der III und die Ablagerungen des Rheins. Nur kleinflächige Schuttfächer der Seitenbäche am Fusse des Schellenberg (Kolluvium)

Grundgestein aus Kalkgebiet (Helvetikum, Ostalpen) > hoher Kalkgehalt der mineralischen Schichten (gemäss geologischer Karte 1:200'000)

– Klima:

Klimazone: A4, das heisst eine mässig feuchte, humide Tallage liegt vor (gemäss Klimaeignungskarte der Schweiz, 1977/ analog übersetzt, auf das F. Liechtenstein)

Niederschlag:

Vergleichsstationen: Vaduz: 983 mm / Jahr, Sennwald-Salez: 1255 mm / Jahr)

⇒ resultierendes Nutzungsgebiet: Übergangsgebiet ackerbaubetont

1.2.2. Limitierende Faktoren:

in mineralischen Böden: <u>Körnung (A)</u>:

- sandiger Lehm (EK 5)

- Lehm (EK 7)

Gründigkeit (G):

- mässig tiefgründig (EK 5)

- ziemlich flachgründig (EK 4 - 6) bis flachgründig (8 - 10)

Grundnässe (FR):

- R2: grundnass (EK 5), R3: stark grundnass (EK 7)

- R4: sehr stark grundnass (EK 10)

in organischen Böden: Körnung der Überdeckung (A, wenn > 30 cm):

sandiger Lehm (EK 2)lehmiger Ton (EK 6)

- tieftorfige Böden (EK 8 - 10)

Gründigkeit (G):

ziemlich flachgründig (EK 4 - 6)flachgründig (EK 8 oder 10)

Grundnässe (FR):

- R2: grundnass (EK 7), R3: stark grundnass (EK 8)

- R4: sehr stark grundnass (EK 10)

1.2.3. Einfluss der Drainage/ Torfsackung:

Innerhalb des Bearbeitungsperimeters wurde einzig das Schellenberger Riet systematisch drainiert und mit einer künstlichen Vorflut versehen (Melioration 1970, mit Pumpwerk). Teilgebiete westlich des Scheidgraben (vor allem im Bereich der Bodenkartierungs-Untertypen wM1 und uM1) wurden offenbar an diese Vorflut (Sammelleitung) angeschlossen.

Im Ruggeller Teil besteht ein altes systematisches Netz von offenen Gräben (ca. alle 200 m). Kleinflächig werden periodisch noch Maulwurfdrains gezogen. In den tieftorfigen Böden im Schellenberger Riet treten derzeit grosse Setzungen auf (geschätzte Sackungsrate um 2 cm pro Jahr, je nach Bewirtschaftungart und -intensität).

1.3. Beschreibung der Eignungsklassen

5 Futterbaubetonte Fruchtfolge

Einseitiger Ackerbau, Futterbau bevorzugt.

Futterbau mit guten und sicheren Erträgen. Ackerbau ist zum Teil aus Gründen der Verdichtungsgefährdung limitiert. Getreidebau mit guten Erträgen, Hackfruchtanbau meist stark eingeschränkt.

6 <u>Futterbau bevorzugt; Ackerbau stark eingeschränkt, sehr gutes Wies- und</u> Weideland

Stark eingeschränkter Ackerbau, sehr stark eingeschränkte Fruchtfolge mit Schwergewicht auf Futterbau.

Futterbau mit guten und sicheren Erträgen. Ackerbau ist zum Teil aus Gründen der Vernässung limitiert. Getreidebau ist noch möglich.

7 Gutes bis mässig gutes Wies- und Weideland

Vielseitige Wiesland- oder Mähweidenutzung.

Mittlere Nutzungsintensität mit genügend Ertragssicherheit, Grossviehweide sowie Ernte mit Ladewagen möglich; vorsichtige Düngung je nach Risikostufe

8 Wiesland: wegen Nässe nur zum Mähen geeignet

Einseitige Schnittnutzung.

Reduzierte Nutzungsintensität mit guter Ertragssicherheit, starke Einschränkung in der Befahrbarkeit und Weidenutzung; Düngung je nach Risikostufe stark reduziert.

10 Streueland

Streuenutzung: wegen dauernder Vernässung nur einschürige Streuwiese möglich.

1.4. Risikostufen

Massgebend ist die am stärksten einschränkende Standorteigenschaft, d.h. entweder Wasserhaushalt, Gründigkeit, Körnung (in Ober- und Unterboden) oder Hangneigung, wobei letztere im Ruggeller Riet nicht limiterend wirkt.

In der Klimazone A4 und der vorhandenen Grundnässe wird die Stufe 1 (geringes Risiko) nicht verwendet.

In drainierten Torfböden besteht - insbesondere bei der Bildung von Schwundrissen oder wenn Sickermaterial bis an die Oberfläche gezogen wurde - die Gefahr der Einsickerung von Flüssigdünger direkt in die Drainagesauger (Kurzschluss).

Risikostufen	Bedeutung	Beurteilung des Risikos von Sickerverlusten und Empfehlung für Nutzung und Düngung
2	mittel	kleines Filtrations- und Speichervermögen: → selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden: Empfehlung: vorsichtige Düngung in kleinen Gaben
3	hoch	sehr kleines Filtrations- und Speichervermögen → häufig bis zur Oberfläche porengesättigt: Empfehlung: reduzierte Düngung
4	sehr hoch	extrem kleines Filtrations- und Speichervermögen → meist bis dauernd bis zur Oberfläche porengesättigt: Empfehlung: geringe bis keine Düngung

Die Nutzungsempfehlung, als Kombination der Eignungsklasse und der Risikostufe:

(gemäss Empfehlungen der Forschungsanstalt FAL Reckenholz, 20.1.97, Beilage I)

Eignung/Risiko	Intensität	Empfehlung für Nutzung und Düngung
5/2	sehr intensiv (si)	gutes Wies-und Weideland mit 5-6 Nutzungen/ auch Ackerbau
		futterbaubetont
7/2	sehr intensiv (si)	gutes Wies- und Weideland mit 4-6 Nutzungen/ 4-5x Gülle
7/3	mittel intensiv (mi4)	gut für Wiesland, mässig für Weide; 4 Nutzungen/ 3x Gülle/Mist
8/3	mittel intensiv (mi3)	mässig geeignet für Wiesland, wenig geeignet für Weide; 3 Nut-
		zungen/ 2x Gülle, im Herbst Mist
8/4	wenig intensiv (wi)	mässig für Mähweise, nicht geeignet als Weideland,
		2-3 Nutzungen, 1x Mist, ev. alle 3 Jahre Gülle
10/4	extensiv (ex)	2 Nutzungen als Mähwiese, oder 1 Nutzung als Streuwiese, nicht
		geeignet als Weideland, keine Düngung

1.5. Legende zur Bodenkarte

Vorbemerkungen:

Auffüllungen: [

Die Zusammensetzung der künstlichen Auffüllungen ist sehr heterogen, die Schichtstärke variert teilweise sehr stark. Nach Möglichkeit wird trotzdem eine Eignungsklasse zugeteilt.

Die folgenden Teilflächen sind in der Bodenkarte bezeichnet:

A1: Torf und Lehm von neuen Weihern

A2: Auffüllung bzw. Siedlungfläche bei Zollamt A3: Auffüllung mit Bauschutt (Inertstoffe?)

A4: Auffüllung (Altlast? Deponie Kehrichtverbrennung)

A5: Auffüllung nach Torfabbau

Grundnässe:

Sie ist beeinflusst durch die künstliche Entwässerung (Rohrdrainage mit Vorflutgräben, teilweise auch Maulwurfdrainage). Im Sommer wird der Einfluss der Pflanzen (Evapotranspiration) oft massgebend, d.h. vor allem die Torfböden trocknen rasch aus. Es treten dann in den obersten Schichten oft Schwundrisse auf.

Zur Beurteilung der Grundnässe übers Jahr (Porensättigung bis an die Oberfläche) sind Piezometer-Wasserstände während 2 Jahren abgelesen worden.

Gründigkeit:

In den kultivierten Moorböden ist die pflanzennutzbare Gründigkeit oft schwierig zu bestimmen. Die typischen Merkmale zur Beurteilung der Gründigkeit in den Nassböden sind nach einer Drainage oft noch zu wenig ausgeprägt. Durch Sackung und Zersetzung der Torfschichten verändert sich der Porengehalt und somit auch der kapillare Aufstieg laufend.

Eignung:

Klassierung erfolgt nach der Bodenkartieranleitung der FAL Reckenholz (1996/97).

Als limitierende Standortsfaktoren kommen vor:

FR = Fremdnässe dauernd

G = Gründigkeit A = Feinerde-Körnung

Risikostufe:

Die Einstufung erfolgt entsprechend der Kartieranleitung FAL:

Beispiel: 8/4: Eignungsklasse 8, Risikostufe 4, d.h. wenig intensiv genutztes Wiesland

Bodentypen und Untertypen:

Die Ansprache der Bodentypen ist mit Bodenprofilen belegt (Profilstandorte siehe Bodenkarte)

Die Untertypen sind pro Untereinheit fortlaufend numeriert.

In der Legende sind die alten Untereinheiten (gemäss Entwurf 1997) noch kursiv aufgeführt, weil sich die Empfehlungen der FAL (Beilage) auf die alten Einheiten beziehen.

Zersetzunggrad des Torf:

Der Zersetzungsgrad wird mittels Quetschprobe (Verfahren nach POST) vor Ort bestimmt. Je nach Farbe des austretenden Wassers und der Konsistenz des Rückstandes wird der Humositätsgrad H eingestuft in eine Skala von 1 bis 10. Folgende Einstufungen kommen vor:

•	1-2:	fast unzersetzt	(es tritt nahezu klares, gelbbraunes Wasser aus, Farbe hell-
			braun)
2	2-3	sehr schwach zersetzt	(trübes Wasser ohne Torfsubstanz, Rückstand nicht breiig)
3	3-4:	schwach zersetzt	(stark trübes Wasser ohne Torfsubstanz, Rückstand nicht breiig,
			Farbe dunkelbraun)
7	7-8:	stark zersetzt	(bis 50% der Torfsubstanz tritt durch die Finger, Wasser ist
			dunkel und mehlsuppenartig, Farbe schwarz)
8	8-9:	sehr stark zersetzt	(bis 70% der Torfsubstanz tritt durch die Finger, Rückstand
			sind nur noch Holzteile. Farbe schwarz)

A) MINERALISCHE BÖDEN (ÜBERDECKUNG MEHR ALS 50 CM)

Grund-/ hangwassergeprägte, selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

mässig tiefgründige Böden

Abk.	Bodeneinheit und Beschrieb	Eignungsklasse/ limit. Faktor/ Risikostufe
tK1	KALKBRAUNERDE, teilweise über Torf	5/2
(IK1)	schwach grundnass (R1), bis grundnass (R2)	A
	meist Gehängeschutt, sehr skelettreich (oft mit Schneckenhäuschen)	si
	sandiger Schluff über sandig-lehmigem Schluff	
	mässig tiefgründig	
tV1	SAURER BRAUNERDE-GLEY, teilweise über Torf	5/2
(IV1)	schwach grundnass (R1), bis grundnass (R2)	Α
	lehmiger Sand teilweise über sandigem Lehm, wenig skeletthaltig	si
	Torf relativ stark zersetzt bis mindestens 100 cm Tiefe / mässig tiefgründig	

ziemlich flachgründige Böden

uW1	BUNTGLEY	7/2
(tW1)	schwach grundnass (R1) bis grundnass (R2)	FR/A
(uW1) (uW2)	lehmiger Sand über sandigem Lehm; kaum kalkhaltig; skelettfrei	si
(4772)	darunter Torf mit mineralischen Zwischenschichten / ziemlich flachgründig	
uW2	BUNTGLEY	7/3
(uW3)	grundnass (R2)	FR/A
(uW5)	sandiger Lehm über lehmigem Sand; sehr kalkhaltig	mi
	oft mit organischen Beimengungen	
	ziemlich flachgründig	
uW3	BUNTGLEY	7/3
(uW4)	grundnass (R2)	FR/A
(uW8)	schluffiger bis lehmiger Feinsand mit Zwischenschichten aus Lehm, kalkhaltig	mi
	ziemlich flachgründig	
uW4	BUNTGLEY, über Torf	7/3
(uW6)	grundnass (R2)	FR/A
(uW7)	schluffiger bis lehmiger Feinsand bis Lehm; skelettfrei; kalkhaltig	mi
	darunter Torf mit mineralischen Zwischenschichten und/ oder Beimengungen	
	ziemlich flachgründig	
uW5	BUNTGLEY, antorfig	8/3
(uW9)	grundnass (R2)	FR/A
	Torf stark bis sehr stark zersetzt (POST 7-9) über schluffigem Lehm und Sand	mi
	(ziemlich grob und sehr kalkreich) / ziemlich flachgründig	

Grund-/ hangwassergeprägte Böden; häufig bis zur Oberfläche porengesättigt

ziemlich flachgründige Böden

Abk.	Bodeneinheit und Beschrieb	Eignungsklasse/ Risikostufe
wG1	FAHLGLEY, mit Torfzwischenschichten	8/3
(wG1)	stark grundnass (R3)	FR
	sandiger Lehm über schluffigem bis lehmigem Feinsand	mi
	darunter oft mit Torfzwischenschichten (10-20cm mächtig)	
	ziemlich flachgründig	

flachgründige Böden

Abk.	Bodeneinheit und Beschrieb	Eignungsklasse/ Risikostufe
wG2	FAHLGLEY, über Torf	8/4
(wG2)	stark grundnass (R3)	FR
(wG3)	sandiger Lehm über lehmigem Sand, oft mit Zwischenschichten aus tonigem	wi
	Lehm	
	kalkhaltig, skelettfrei / flachgründig	
wG3	FAHLGLEY, über Torf	8/4
(wG4)	stark grundnass (R3)	FR
	sandiger Lehm über lehmigem Sand und tonigem Lehm	wi
	stark sauer, skelettfrei / flachgründig	

B) ORGANISCHE BÖDEN (WENIGER ALS 50 CM ÜBERDECKT)

Grund-/ hangwassergeprägte, selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

mässig tiefgründige Böden

Abk.	Bodeneinheit und Beschrieb	Eignungsklasse/ Risikostufe
tM1	MOOR, tieftorfig, sapro-organisch grundnass (R2)	8/3 FR
	stark bis sehr stark zersetzt (POST 7-9) bis in Tiefe von mind. 50-70 cm mässig tiefgründig	mi

ziemlich flachgründige Böden

Abk.	Bodeneinheit und Beschrieb	Eignungsklasse/ Risikostufe
uN1	HALBMOOR, überdeckt	7/3
(uN1 bis	grundnass (R2)	FR/A
uN5)	mineralische Überdeckung 30-50 cm, sehr kalkhaltig, meist skelettfrei; sandiger Lehm bis lehmiger Sand, teilweise über sandigem bis lehmigem Schluff Torf mit mineralischen Zwischenschichten und/ oder Beimengungen ziemlich flachgründig	mi
uN2	HALBMOOR, überdeckt	7/3
(uN6)	grundnass (R2)	FR
	mineralische Überdeckung bis maximal 30 cm, skelettfrei, lehmiger bis san-	mi
	diger Schluff	
	Torf mit mineralischen Zwischenschichten und/ oder Beimengungen	
	ziemlich flachgründig	
uN3	HALBMOOR, tieftorfig, sapro-organisch	8/4
(uN7)	grundnass (R2)	FR
(uN8)	stark zersetzt (POST 7-9) bis in Tiefe von 30-50 cm	wi
	Torf mit mineralischen Zwischenschichten und/ oder Beimengungen ziemlich flachgründig	
uM1	MOOR, tieftorfig	8/4
(uM1)	grundnass (R2)	FR
(uM2)	stark bis vollständig zersetzt (POST 7-10) bis in Tiefe von 20-50 cm, darunter nur schwach zersetzt (POST 2-3) ziemlich flachgründig	wi

Grund-/ hangwassergeprägte, häufig bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

ziemlich flachgründige Böden

Abk.	Bodeneinheit und Beschrieb	Eignungsklasse/ Risikostufe
wN1	HALBMOOR, überdeckt	8/4
(wN1) (wN2)	stark grundnass (R3)	FR
(WIVZ)	mineralische Überdeckung 30-50 cm, skelettfrei, schluffiger Feinsand bis	wi
	sandiger Lehm teilweise über sandigem bis lehmigem Schluff	
	Torf mit mineralischen Zwischenschichten und/ oder Beimengungen	
	ziemlich flachgründig	
wN2	HALBMOOR, überdeckt	8/4
(wN3)	stark grundnass (R3)	FR
	mineralische Überdeckung bis maximal 30 cm, sehr kalkhaltig, skelettfrei,	wi
	schluffiger bis lehmiger Feinsand teilweise über sandigem bis lehmigem	
	Schluff / Torf mit mineralischen Zwischenschichten und/ oder Beimengungen	
	ziemlich flachgründig	

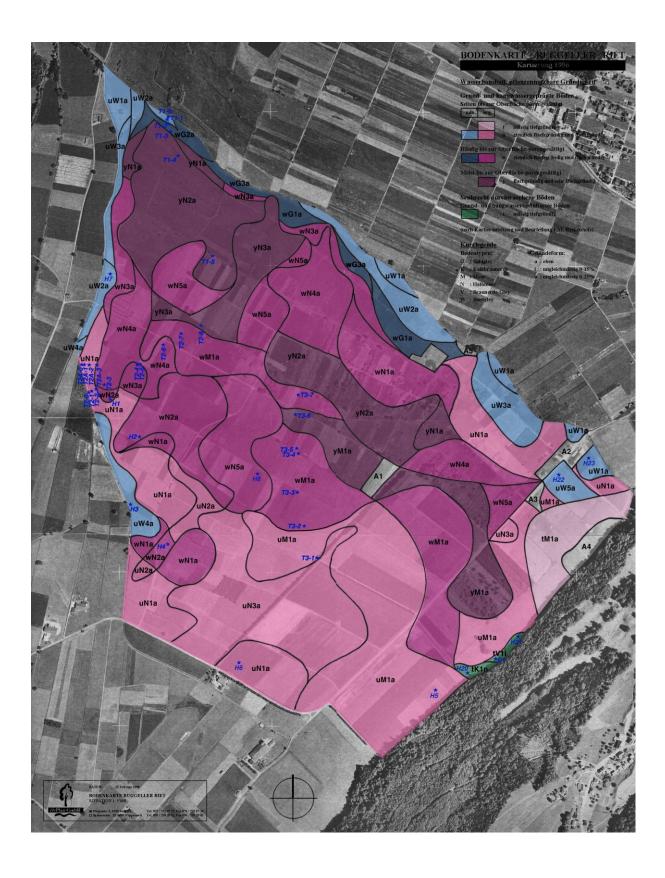
flachgründige Böden

Abk.	Bodeneinheit und Beschrieb	Eignungsklasse/ Risikostufe
wN3	HALBMOOR, überdeckt	8/4
(wN4	stark grundnass (R3)	G/FR
bis wN6)	mineralische Überdeckung 30-50 cm; skelettfrei, meist kalkreich,	wi
,	sandiger Lehm über tonigem Lehm oder lehmig-tonigem Schluff / Torf mit	
	mineralischen Zwischenschichten und/ oder Beimengungen / flachgründig	
wN4	HALBMOOR, überdeckt	8/4
(wN7	stark grundnass (R3)	G/FR
bis wN11)	mineralische Überdeckung bis maximal 30 cm; skelettfrei,	wi
,	sandiger Lehm über lehmigem Schluff bis tonigem Lehm / Torf mit minerali-	
	schen Zwischenschichten und/ oder Beimengungen / flachgründig	
wN5	HALBMOOR, tieftorfig	10/4
(wN12	stark grundnass (R3)	G/FR
bis wN14)	sauer bis stark sauer	ex
,	annähernd vollständig zersetzt (POST 9-10) bis in Tiefe von 20-30 cm, darun-	
	ter nur schwach zersetzt (POST 2-3) / Torf mit mineralischen Zwischen-	
	schichten und/ oder Beimengungen / flachgründig	
wM1	MOOR, tieftorfig, stark grundnass (R3)	10/4
	schwach sauer bis stark sauer	G/FR
	annähernd zersetzt (POST 9-10) bis in Tiefe von 20-30 cm, darunter nur noch	ex
	schwach zersetzt (POST 2-3)	
	Torf ohne mineralische Beimengungen / flachgründig	

Grund-/ hangwassergeprägte organische Böden; meist bis zur Oberfläche porengesättigt

flachgründige Böden

Abk.	Bodeneinheit und Beschrieb	Eignungsklasse/ Risikostufe
yN1	HALBMOOR, überdeckt	10/4
(yN1)	sehr stark grundnass (R4)	G/FR
(yN2)	mineralische Überdeckung 30-50 cm, neutral bis sauer	ex
	sandiger Lehm bis Lehm über tonigem Lehm / Torf mit mineralischen Zwischenschichten und/ oder Beimengungen / flachgründig	
yN2	HALBMOOR, überdeckt	10/4
(yN3)	sehr stark grundnass (R4)	G/FR
(yN4)	mineralische Überdeckung bis maximal 30 cm, stark sauer, skelettfrei; sandiger Lehm / flachgründig	ex
yN3	HALBMOOR, tieftorfig	10/4
(yN5)	sehr stark grundnass (R4)	G/FR
	schwach sauer bis sauer	ex
	stark zersetzt (POST 7-10) bis in Tiefe von 10-20 cm, darunter meist unzer-	
	setzt (POST 1-2) / flachgründig	
yM1	MOOR, tieftorfig	10/4
	sehr stark grundnass (R4)	G/FR
	schwach sauer bis stark sauer	ex
	stark zersetzt (POST 7-10) bis in Tiefe von 10-20 cm, darunter unzersetzt	
	(P1-2) / Torf ohne mineralische Beimengungen / flachgründig	



4. ZUSAMMENFASSUNG UND INTERPRETATION

4.1. Versuchsanlage und Zielsetzung

Der Vergleich der Vegetationskarten 1972 und 1993 zeigt allgemein eine deutliche Zunahme des Nährstoffgehaltes in den Riedflächen. Die Versuchsanlage und die Feldaufnahmen der vorliegenden Studie sind darauf ausgerichtet, diesen vermuteten Sachverhalt zu ergründen und insbesondere den Wasserund Nährstoffhaushalt genauer zu beschreiben. Die Vermutung liegt nahe, dass das Entwässerungssystem diesbezüglich einen nachteiligen Einfluss auf die Kernflächen des Naturschutzgebietes ausübt.

4.2. Rückschlüsse aus der Dauerbeobachtung Vegetation

In der Transekte T1 am Grenzgraben wurde zwischen 94 und 98 als Dauerbeobachtungfläche die Riedvegetation erfasst. In einem Bericht werden die Beobachtungen zusammengefasst dargestellt und interpretiert (BZG 2001). Grundsätzlich wird die Beobachtungsreihe als zu kurz beurteilt. Es sind bezüglich der obigen Fragenstellung keine deutlichen Rückschlüsse auf eine Veränderung des Wasserhaushaltes oder des Eutrophiegrades möglich. Es treten sowohl Trends zur Venässung wie auch zur Austrockung auf.

Hingegen nehmen die seltenen Arten deutlich ab. Auch die Randeffekte zum Grenzgraben sind deutlich (erst in 8 m Abstand erste Pflanzen der roten Liste).

4.3. Rückschlüsse aus den Wasserstandsmessungen 1996 und 97

Randbedingungen:

Im Ruggeller Teil besteht ein geometrisch angelegtes Netz an offenen Gräben. Im Bearbeitungsgebiet verläuft durchschnittlich alle 200 m ein Graben von Ost nach West und entwässert in den Spiersbach. Kleinflächig werden zusätzlich und periodisch im intensiv genutzten Gebiet Maulwurfdrains gezogen. Deren Einfluss auf den Wasserhaushalt ist nicht zu unterschätzen.

Das Schellenberger Riet wurde 1970 systematisch drainiert und mit einer künstlichen Vorflut versehen (Pumpwerk am Spiersbach). In den dortigen, meist tieftorfigen Böden treten infolge Mineralisation der Torfschichten immer noch grosse Torfsackungen auf (geschätzte Sackungsrate bis 2 cm pro Jahr). Teilgebiete westlich des Scheidgraben wurden vermutlich auch an diese Vorflut angeschlossen (möglicher Rückschluss aufgrund des tiefen Bodenwasserspiegels und extremer Nährstoffgehalte im Bodenwasser).

Der zentrale Teil des Ruggeller Rietes mit den eigentlichen Moor- und Halbmoorböden im Zentrum liegt rund 0.5 m höher als das umliegende, intensiv genutzte und entwässerte Landwirtschaftsgebiet im Osten und Westen. Die meist bis zur Oberfläche porengesättigten Böden mit der höchsten Grundnässe liegen ziemlich genau in der Mitte zwischen den beiden Vorflutern Spiersbach und Grenzgraben, aber auch am nordwestlichen Zipfel nahe dem Grenzgraben.

Die Sohlen der Entwässerungsgräben im Schutzgebiet liegen im Mittel bis 1.5 m unter dem mittleren Gelände. Der Grenzgraben liegt gar bis 2.5 m unter dem mittleren, benachbarten Gebiet.

Entsprechend liegt der Grundwasserspiegel im Naturschutzgebiet im Mittel deutlich höher als im Umland. Im Zentrum des Naturschutzgebietes gibt es Hinweise auf gespannte Grundwasserverhältnisse (Quellaufstoss direkt an Graben). Die Ursache kann in durchlässigen Schichten liegen, welche von un-

durchlässigen, feinkörnigen Schichten überdeckt sind und einen Dükereffekt erzeugen. Deren Herkunft ist unbekannt (Schellenberg, theoretisch auch Rhein oder III möglich).

Im allgemeinen wird die Grundwasserspeisung aus Rhein oder III durch das stufenweise Entwässerungs- und Kanalsystem Binnenkanal - Mühlbach und Spiersbach - Grenzgraben abgefangen, so dass der Einfluss des Niederschlages heute deutlich dominiert. Daraus resultieren die verbreitet tiefen pH-Werte in den Moorböden (starke Versauerung).

Einfluss der Gräben auf den Wasserhaushalt

Die Bodenkarte zeigt entlang den Vorflutern Spiersbach und Grenzgraben je einen Bereich mit mineralischen Böden. Vor allem in den sandigen Böden ist die Entwässerungswirkung der Gräben deutlich (im Bereich Zoll Ruggell - Nofels Einflussbreite über 100 m, am Spiersbach Einflussbreite in Transekte 2 weniger als 10 m). Im Moor- oder Halbmoorboden ist die mittlere Entwässerungswirkung der offenen Gräben hingegen eher gering, in der Regel im Meterbereich. Hier ist der Schwammeffekt, der kapillare Aufstieg kombiniert mit lokaler Staunässe massgebend.

Dies war aber nicht immer so. Im Verlauf der Jahrzehnte, seit der Anlage der offenen Gräben, hat sich die Terrainoberfläche in den Moorböden an den Bodenwasserspiegel angeglichen, so dass heute wieder die üblichen Flurabstände (Abstand Terrainoberfläche zum Bodenwasser) gemäss Lehrbuch gemessen werden (siehe Vergleich der Vegetationsbeobachtung und der Piezometermessung am Grenzgraben).

Dieser Prozess war aber offensichtlich verbunden mit einer Verschiebung im Artenspektrum, in den Vegetationseinheiten.

Heute bewirken die Gräben im Schutzgebiet noch eine raschere, oberflächliche Abtrockung nach Regenereignissen, aber vermutlich kaum mehr eine Absenkung des Bodenwasserspiegels.

Einfluss der Gräben auf den Nährstoffgehalt

Die Zusammenstellung der Wasserstandsmessungen zeigt, dass der Spiersbach bei Hochwasser in die Rietgräben zurückstaut. Die Wasserqualität des Spiersbaches ist bestimmt durch die Nährstoffverluste aus den intensiv bewirtschafteten Böden. Besonders nachteilig wirkt sich offenbar die Entwässerung des meliorierten Schellenberger Rietes aus. Hier werden deutlich zu hohe Werte bezüglich Stickstoff (Ammonium) und Phosphor gemessen. Diese Werte steigen bei Regenereignissen deutlich an.

Es ist zu vermuten, dass via Spiersbach Nährstoffe in die eingestauten Gräben gelangen, wobei die dortige Einflussbreite klein ist.

Bodenkarte und Nutzungseignung

Die Einstufung zur Nutzungseignung basiert auf dem Prinzip der Nachhaltigkeit. Die Qualität der Böden soll langfristig erhalten bleiben, und die Nutzung soll keine Ressourcen wie Wasser (Qualität des Grundwassers oder Grabenwassers) oder Luft (Schadstoffemmission, CO₂) nachteilig beeinflussen. Die empfohlene Nutzungseignung wurde der Parzellenstruktur, der Schutzverordnung und der heutigen Nutzung unter Rücksichtnahme der lokalen Verhältnisse angepasst.

4.4. Ergebnisse der Grundwasserstandsmessungen (Beilage II)

4.4.1 Piezometer-Messungen

Auf vier Transekten wurden von April 1996 bis Oktober 1997 mindestens 18x und maximal 26x der Grundwasserstand gemessen:

Transekt T1: Vom Grenzgraben Richtung Südost (Länge: 148m)

- mittl. Wasserstand am Grenzgraben: 428.23 müM (T1-0)
- mittl. Wasserstände Richtung Südost kontinuierlich zunehmend auf 430.27 müM (T1-4)

Transekt T2: Vom Spiersbach Richtung Nordost (Länge: 425m)

- mittl. Wasserstand am Spiersbach: 428.64 müM (T2-0)
- mittl. Wasserstände Richtung Nordost kontinuierlich zunehmend auf 430.26 müM (T2-8) mit Zäsur beim Graben bei 182m: 428.72 müM (T2-5)

Transekt T2A: Vom Spiersbach Richtung Osten (Länge: 58m)

- mittl. Wasserstand am Spiersbach: 428.52 müM (T2A-0)
- mittl. Wasserstände Richtung Osten kontinuierlich zunehmend auf 429.29 müM (T2A-3)

Transekt T3: Vom Scheidgraben (500m oberh. Pumpwerk) Richtung Norden (Länge: 530m)

- mittl. Wasserstand von 429.68 - 430.06müM mit Zäsur beim Graben bei 350m: 429.10müM (T3-4)

Der Grundwasserspiegel wird in Grabennähe abgesenkt. Der direkte seitliche Einfluss des Spiersbaches auf den Grundwasserspiegel wurde bei Transekt T2A genauer untersucht. Er liegt in diesem als Halbmoor taxierten Boden bei ca. 5m. Entscheidend für die seitliche Drainagewirkung ist die Körnung des Bodensubstrates sowie die Tiefenlage der Grabensohle.

Die mittleren Wasserstände lagen 1997 gegenüber 1996 durchschnittlich 4cm tiefer. Dies stützt auch die Aussage im Bericht zur Dauerbeobachtung Vegetation (BZG 2001), welche das Jahr 1997 im untersuchten Zeitraum von 1994-1997 wenigstens für Teilbereiche als das trockenste aufführt.

Ein Vergleich der mittleren Grundwasserstände mit den kartierten Riet-Vegetationseinheiten (MEIER/LEUTHOLD, 1993) zeigt folgendes Bild:

Spierstaudenriet: mittl. Wasserstand 0.30 bis 0.58m unter Terrain (T2-7, T1-2, T1-1)
 Pfeifengraswiese mit Spierstaude: mittl. Wasserstand 0.20 bis 0.28m unter Terrain (T2-8, T3-7)
 Kopfbinsenriet: mittl. Wasserstand 0.20 bis 0.28m unter Terrain (T1-4, T1-3)

4.5. Wasserchemie (vgl. Beilage III)

Gleichzeitig zu den Grundwasserstandsmessungen wurden auch Messungen zur Nährstoffbelastung des Grund- resp. Drainagewassers gemacht:

Nitrat (NO₃): Das CH-Qualitätsziel (für ARA-Einleitungen) von max. 25 mg NO₃/l wurde am Grenzgraben zweimal und am Spiersbach einmal überschritten. Ebenfalls je einmal in den Piezometerrohren T3-3 und T3-7.

Das Drainagewasser aus dem Schellenberger Riet wurde an der Sammelleitung ca. 500m oberhalb des Pumpwerkes regelmässig untersucht. Das angestrebte Qualitätsziel wurde dort mehrmals deutlich überschritten (bis 100 mg NO₃/I). Die Nitrat-Spitzen fielen jeweils nach grösseren Vorregen an (vgl. Diagramme).

Ammonium (NH₄-N): Die Ammonium-Werte lagen an den Gräben und am Spiersbach häufig über dem als "stark-belastetes Fliessgewässer" deklarierten Richtwert von 0.4mg N/I. Die Beprobung des Drainagewassers aus dem Schellenberger Riet ergab beinahe durchwegs Werte über 0.4 mg N/I. Die Werte im Auslass des Pumpwerkes lagen tiefer als in der Drainageleitung aber immer noch über dem Richtwert "stark belastet".

Phosphor (P):

Das Qualitätsziel für Phosphor von 0.8 mg P/I wurde bei folgenden Messstellen überschritten:

T2A-2 (5 Messungen: 1 x gering)

T3-1 (6 Messungen: 1 x gering, 1 x stark)

T3-3 (5 Messungen: 1 x stark)

T3-5 (5 Messungen: 1 x gering)

Kalium (K+):

Die höchsten Werte von Kalium ($mg(K^+)/I$) wurden an der Messstelle T2A-2, T2A-3 und T3-3 erzielt: 2.7 bis max. 20.7 $mg(K^+)/I$.

Die Werte des Drainagewassers aus dem Schellenberger Riet lagen bei maximal 3.6 mg(K+)/I.

Das Drainagewasser aus dem Schellenberger Riet wurde zudem während einem schwachen und einem starken Gewitter auf Ammonium, Phosphor und Nitrat untersucht:

Beim starken Gewitter war eine Stunde nach Regenbeginn ein Anstieg des Ammonium-Wertes (PIK) spürbar.

4.6. Massnahmenvorschläge

4.6.1. Wasserhaushalt

Im Sinne einer Rückführung und Optimierung der Kerngebiete in Richtung Mangelbiotop wie Zwischenmoore etc. mit seltenen Arten ist zu prüfen, ob gewisse Gräben in der Vegetationszeit bis zur Streuernte eingestaut werden können. Am Vordringlichsten und Vielversprechendsten scheint ein solche Massnahme am Grenzgraben, dessen Sohle wesentlich tiefer als diejenige der Entwässerungsgräben im Riet liegt (rund 1 m tiefer). Eine weitere Möglichkeit wäre der Aufstau des nördlichsten Entwässerungsgrabens ("dr under Bach") unter Ableitung des "Küblesmähder Grabas" über den Scheidgraben in den Grenzgraben, um die Entwässerung des Gebietes östlich der Strasse Ruggell – Nofels (Kübelesmähder) sicherzustellen (bei Notwendigkeit).

Vorschlag: vertiefte Studie über Einstaumöglichkeiten, mit Priorität Grenzgraben und unter Einbezug des österreichischen Gebietes (Bangser Riet)

4.6.2. Nährstoffgehalt

Die Wasserqualität des Spiersbaches sollte verbessert werden, z.B. durch ein nachgeschaltetes Pflanzen-Klärbecken beim Pumpwerk Schellenbergerriet.

Die Torfsackung und die Mineralisation im Schellenberger Riet sollte durch Grundwasserbewirtschaftung (zeitweiser Einstau) begrenzt werden.

Vorschlag: vertiefte Studie über Nutzungs- und Wasserhaushaltsoptimierung im Schellenberger Riet

4.6.3. Abgestufte Nutzung gemäss Nutzungsempfehlung

Sehr wichtig ist ein extensiv genutzter Wieslandgürtel um die Kerngebiete, auch als ergänzender Lebensraum für die bedrohte Fauna.

Zusätzlich zu den in der Eignungskarte bezeichneten düngerfreien Zonen sollten noch Pufferzonen im direkten Kontakt von Intensivwiesen zu Streuwiesen ausgeschieden werden (z.B. analog Flachmoorverordnung Schweiz, mit entsprechender Entschädigung). Gemäss Nährstoff-Pufferzonenschlüssel (MARTI et al. 1994) ist bei einer Pfeifengraswiese mit angrenzender intensiv genutzter Wiese eine Pufferzone von 30 m Breite, bei angrenzend mittelintensiv bewirtschafteter Fläche von 20 m Breite auszuscheiden.

Entlang dem Grenzgraben sollte die intensive Nutzung aufgehoben werden, gekoppelt mit einer Anhebung des Grundwasserspiegels durch Einstau.

Vorschlag: Ausscheidung von Pufferzonen, Entschädigung wie bei ökologischen Ausgleichsflächen ausserhalb des Naturschutzgebietes.

Zitierte Literatur

BZG (2001): Dauerbeobachtung Ruggeller Riet. Studie im Auftrag der Regierung des FL und Amt für Wald, Natur und Landschaft, Schaan, 17 S.

MEIER, S. & B. LEUTHOLD (1993): Ruggeller Riet, Bericht zur Kartierung. Firma topos, Zürich, 9 S. MARTI, K. & R. MÜLLER (1994): Pufferzonen für Moorbiotope. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Schriftenreihe Umwelt Nr. 213, Bern, 28 S.

Grundlagenstudie

zur Hydrologie, Bodenbeschaffenheit und Agrarnutzung im Naturvorranggebiet Ruggeller Riet

Bereich Agrarnutzung

Auftraggeber: Bo

Botanisch-Zoologische-Gesellschaft Liechtenstein-Sargans-Werdenberg

Juni 2001



Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage / Auftrag		
2	Projektstand	4	
	2.1 Ergebnisse	5	
	2.1.1 Nutzungsentwicklung	5	
	 2.1.2 Nährstoffversorgung 2.1.2.1 Tierbesatz 2.1.2.2 Stickstoff-Mineralisation 2.1.2.3 Nährstoffvorräte 	6 6 7 9	
	 2.1.3 Nährstoffflüsse 2.1.3.1 Nährstoffhaushalt der Landwirtschaftsbetriebe 2.1.3.2 Nettoeintrag Landwirtschaft 2.1.3.3 Bilanzierung des Prozesses "Boden" 	11 11 14 17	
3	Schlussfolgerungen	21	
4	Empfehlungen für das weitere Vorgehen	22	
	4.1 Grundlagenarbeiten	22	
	4.2 Planungsarbeiten	23	
	4.3 Umsetzungsarbeiten	24	
5	Literaturverzeichnis	25	



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der wichtigsten Nutzungskategorien in den Gemeinden Ruggell und Schellenberg	5
Abbildung 2:	Entwicklung des Tierbesatzes (GVE/ha LN) in den Gemeinden Ruggell und Schellenberg	6
Abbildung 3:	Vergleich der Nmin-Werte zwischen einer ackerbaulich und einer futterbaulich genutzten Parzelle	7
Abbildung 4:	Entnahmeplan der beprobten Parzellen	9
Abbildung 5:	Nährstoffvorräte der beprobten Parzellen im Projektgebiet	10
Abbildung 6:	Gesamtnährstoffhaushalt (in kg/ha LN) aller Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha(Vergleich 97/00)	12
Abbildung 7:	Stickstoffhaushalt der einzelnen Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha (Vergleich 97/00)	12
Abbildung 8:	Phosphorhaushalt der einzelnen Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha (Vergleich 97/00)	13
Abbildung 9:	Kaliumhaushalt der einzelnen Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha (Vergleich 97/00)	14
Abbildung 10:	Stofffluss-Systeme in und aus dem Prozess "Boden"	18
Abbildung 11:	Wasserflüsse (Hochuli, 1992)	20
Abbildung 12:	Vorgehenskonzept für das "Projekt Ruggeller Riet"	22
Tabellenverz	zeichnis	
Tabelle 1:	Faktoren der Nitratauswaschung aus dem Wurzelraum (abgeändert nach STADELMANN, 1987)	9
Tabelle 2:	Gesamtnährstoffhaushalt aller Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha (Jahre 97/00)	11
Tabelle 3:	Stickstoffbilanz Landwirtschaft (Jahr 2000)	15
Tabelle 4:	Phosphorbilanz Landwirtschaft (Jahr 2000)	16
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	

Tabelle 5:



1 Ausgangslage / Auftrag

Im Naturvorranggebiet und im Naturschutzgebiet Ruggeller Riet weisen die Vegetationsveränderungen der letzten 25 Jahre auf eine drastische Erhöhung des Eutrophierungsgrades hin. Mögliche Ursachen der Veränderungen könnten auf einen verstärkten Nährstoffeintrag aus angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Gebieten oder auf Mineralisierungsprozesse aufgrund eines gesunkenen Grundwasserspiegels zurückgeführt werden. In der Vergangenheit beschränkten sich die Beobachtungen und Erhebungen ausschliesslich auf die Vegetation und die Tierwelt. Zur Verifizierung der möglichen Ursachen sind genauere Kenntnisse über die Nährstoffabläufe notwendig. Der Nährstoffhaushalt eines Flachmoores wird im wesentlichen durch die lokale Hydrologie, die Bodenbeschaffenheit sowie die Art der landwirtschafltichen Nutzung in der Umgebung des Flachmoores beeinflusst. Künftig soll der Eutrophierungsgrad im Naturschutzgebiet reduziert werden, so dass sich wieder eine für ein Flachmoor typische Flora und Fauna einstellt.

Im Rahmen einer Grundlagenstudie wurden in den Jahren 1996-98 die ersten Schritte zur Untersuchung der vorgängig angesprochenen Nährstoffabläufe eingeleitet. Der vorliegende Schlussbericht informiert über die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen der bisher durchfgeführten Arbeiten im Bereich "Agrarnutzung". Im Sinne eines Ausblickes werden ausserdem konkrete Vorschläge für das weitere Vorgehen gemacht.

2 Projektstand

Die gesamte Umgebung des Schutzgebietes wird landwirtschaftlich genutzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Art der Bewirtschaftungsmassnahmen (Kulturwahl, Hilfsstoffeinsatz, Nutzungshäufigkeit, Maschineneinsatz etc.) im landwirtschaftlich genutzten Gebiet einen direkten u./od. indirekten Einfluss auf den Nährstoffhaushalt im Schutzgebiet hat. Um diese Einflussfaktoren besser beurteilen zu können, wurden bisher nachfolgende Abklärungen und Untersuchungen durchgeführt:

- Nutzungsentwicklung: Erfassung und Auswertung der Nutzungsentwicklung in der Umgebung des Schutzgebietes (1970-2000)
- Nährstoffversorgung: Erfassung und Auswertung der Entwicklung des Tierbesatzes, Messung und Auswertung der Stickstoff-Mineralisation auf landwirtschaftlich genutzten Parzellen, Analyse und Auswertung der Nährstoffvorräte sowie der chemisch-physikalischen Eigenschaften von landwirtschaftlich genutzten Parzellen
- Nährstoffflüsse: Bilanzierung der Zu- und Wegfuhren von Nährstoffen im Projektgebiet

Ausserdem wurden sämtliche Bewirtschafter im Projektgebiet von Beginn weg in die Projektaktivitäten miteinbezogen und laufend über die Ergebnisse der Untersuchungen informiert. Sollte sich nämlich herausstellen, dass die landwirtschaftliche Nutzung tatsächlich einen massgeblichen Einfluss auf den Eutrophierungsgrad im Schutzgebiet hat, so sind die Bewirtschafter als Direktbetroffene die wichtigsten Akteure zur Umsetzung der notwendigen Massnahmen. Bisher wurden insgesamt 4 Veranstaltungen durchgeführt. Anlässlich der ersten *Informationsversammlung* wurde den Bewirtschaftern das Projekt im Detail vorgestellt. Die erste *Flurbegehung* stand dann ganz im Zeichen der Vorstellung der Versuchsanlage sowie der Diskussion der Vegetationsveränderungen. Bei der zwei-



ten Informationsversammlung wurden die ersten Resultate und ein Entwurf der Bodenkarte vorgestellt sowie die Anforderungen an eine standortgerechte Düngung im Projektgebiet diskutiert. Ziel der zweiten Flurbegehung war die Sensibilisierung der Bewirtschafter bezüglich der verschiedenen Bodentypen im Projektgebiet und die notwendigen Massnahmen für deren nachhaltige Nutzung.

2.1 Ergebnisse

2.1.1 Nutzungsentwicklung

Mit der Erfassung und Auswertung der Nutzungsentwicklung soll aufgezeigt werden, ob und wie sich die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen im Projektgebiet während des Beobachtungszeitraumes verändert hat. Allenfalls können dadurch Rückschlüsse in Bezug auf die Vegetationsveränderungen gezogen werden.

Vorbemerkungen:

- Die Nutzungsentwicklung wird anhand der Ergebnisse der "Landwirtschaftlichen Betriebszählungen" aufgezeigt. Die von den Betrieben bewirtschafteten Flächen müssen somit nicht zwingend auf Ruggeller bzw. Schellenberger Gemeindegebiet liegen.
- Die Ruggeller und Schellenberger Landwirtschaftsbetriebe betreiben Ackerbau jedoch fast ausschliesslich im Ruggeller und Schellenberger Riet. Die Ergebnisse der Betriebzählungen aus den Gemeinden Ruggell und Schellenberg sind deshalb in Bezug auf die Entwicklung des Ackerbaus im Projektgebiet durchaus repräsentativ.
- Die Daten für das Jahr 2000 stammen aus der provisorischen Auswertung der Betriebsstrukturerhebung durch das Amt für Volkswirtschaft (Abt. Statistik). Deren Plausibilität wurde noch nicht definitiv überprüft. Es ist durchaus möglich, dass für die definitive Auswertung noch verschiedene Änderungen vorgenommen werden müssen. An den grundsätzlichen Aussagen sollte sich dadurch jedoch nichts ändern.

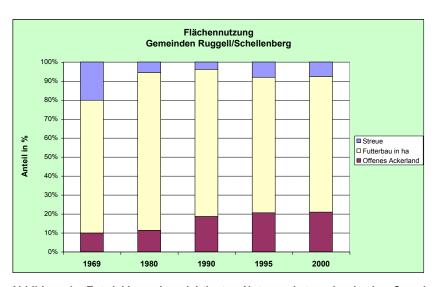


Abbildung 1: Entwicklung der wichtigsten Nutzungskategorien in den Gemeinden Ruggell und Schellenberg (Quelle: Liechtensteinische Betriebszählungen, div. Jahrgänge)

- Zwischen 1970 und 1980 blieb die offene Ackerfläche praktisch konstant. Ihr Anteil an der gesamten LN lag 1980 mit 76 Hektaren bei rund 11%.
- Zwischen 1980 und 1990 wurde die offene Ackerfläche um beinahe 50 Prozent ausgedehnt. 1990 wurden rund 112 Hektaren ackerbaulich genutzt. Dabei stellte der Silomais (64 ha) die mit



Abstand wichtigste Kultur dar. Der Anteil an der gesamten LN aller Ruggeller und Schellenberger Landwirtschaftsbetriebe lag nun bei knapp 19%

- Bis 1995 wurde die offene Ackerfläche noch einmal leicht um rund 17 ha auf 129 Hektaren ausgedehnt. Der Anteil an der gesamten LN blieb mit gut 20% praktisch konstant. Im gleichen Zeitraum nahm der Anteil des Silomais von 57 auf 41 Prozent deutlich ab.
- In den letzten 5 Jahren wurde die offene Ackerfläche nur noch um 6 Hektaren ausgedehnt. Ihr Anteil an der gesamten LN blieb damit konstant.
- Auffallend ist die deutliche Zunahme der Kunstwiesenfläche. Zwischen 1969 und 2000 wuchs diese kontinuierlich von 4 auf knapp 60 Hektaren.

2.1.2 Nährstoffversorgung

2.1.2.1 Tierbesatz

Aufgrund des Tierbesatzes (GVE/ha LN) lässt sich grob abschätzen, welche Nährstoffmengen aus Hofdüngern (Mist und Gülle) im Projektgebiet ausgebracht werden. Eine Erhöhung des Tierbesatzes kann unter Umständen zu einer Erhöhung des Eutrophierungsgrades im Schutzgebiet führen.

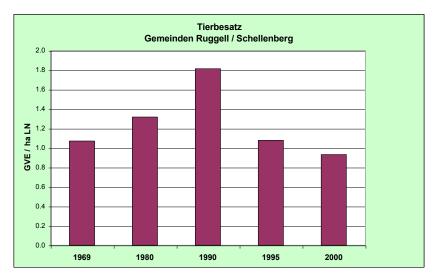


Abbildung 2: Entwicklung des Tierbesatzes (GVE/ha LN) in den Gemeinden Ruggell und Schellenberg (Quelle: Liechtensteinische Betriebs zählungen, div. Jahrgänge)

- In den 70-er Jahren nahm der Tierbesatz von 1.1 auf 1.3 GVE pro Hektare zu, obwohl der Schweinebestand um rund 100 GVE reduziert wurde. Grund dafür war die Ausdehnung des Rindviehbestandes von 525 auf 840 GVE bei praktisch gleichbleibender LN.
- Zwischen 1980 und 1990 erhöhte sich der Tierbesatz noch einmal deutlich auf rund 1.8 GVE/ha und erreichte damit das bisherige Maximum. Einerseits nahm der gesamte Tierbestand um 200 GVE zu und andererseits nahm die LN um mehr als 70 Hektaren ab.
- Seither hat der Tierbesatz wieder kontinuierlich abgenommen und liegt mit 0.9 GVE/ha gar tiefer als zu Beginn der 70-er Jahre. Es hat somit eine deutliche Extensivierung stattgefunden. Mögliche Gründe dafür gibt es verschiedene. So sind z.B. die Preise für Milch und Fleisch kontinuier-



lich gesunken. Mitte der 90-er Jahre wurde zudem das Direktzahlungsgesetz und das Abgeltungsgesetz eingeführt. Aufgrund dieser Entwicklungen sank der Anreiz zur Produktion einer grösstmöglichen Menge, da ein immer grösserer Teil des Einkommens durch die Erbringung ökologischer und tiergerechter Leistungen erzielt werden kann. *Hinweise*

 Das durch Hofdünger verursachte Risiko eines erhöhten Eutrophierungsgrades im Schutzgebiet hat somit seit Beginn der 90-er Jahre deutlich abgenommen.

Hinweis

Im Rahmen dieser Grundlagenstudie wurde für alle Betriebe mit einer landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) von mehr als 5 Hektaren eine Nährstoffhaushaltrechnung durchgeführt (siehe dazu auch 2.1.3.1). Dabei liess sich für das Jahr 2000 ein Hofdüngeranfall von 1.0 Düngergrossvieheinheiten (DGVE) pro Hektare LN und 1.2 DGVE pro Hektare düngbare Fläche errechnen. Diese Abweichung gegenüber den Daten aus der Betriebszählung (0.9 GVE/ha LN) resultiert einerseits durch die anderen Umrechnungsfaktoren bei den Tieren (GVE, DGVE) und andererseits durch die Nichtberücksichtigung von viehschwachen Kleinbetrieben bei den Nährstoffhaushaltrechnungen.

2.1.2.2 Stickstoff-Mineralisation (Nmin)

Im Jahre 1997 wurden von Ende April bis Anfang November auf 5 Parzellen im Projektgebiet Nmin.-Messungen durchgeführt. Der Nmin-Wert gibt Auskunft über die Höhe der Stickstoffmineralisation im Boden. Anhand dieser Messungen soll beurteilt werden können, welche Einflüsse Kulturwahl, Bewirtschaftungsmassnahmen und Witterungseinflüsse auf die Stickstoff-Mineralisation im Boden haben. Bei einer hohen Stickstoff-Mineralisation steigt das Gefährdungspotential zur Nitratauswaschung.

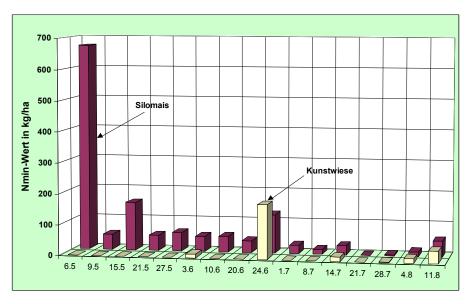


Abbildung 3: Vergleich der Nmin-Werte zwischen einer ackerbaulich und einer futterbaulich genutzten Parzelle

- Bodenbearbeitungsmassnahmen wie z.B. Pflügen und Fräsen (Anfang Mai) führen kurzfristig zu einer starken Erhöhung der Stickstoff-Mineralisation.
- Hohe Temperaturen und Niederschläge f\u00f6rdern die Stickstoff-Mineralisation auch in Moorb\u00f6den.
- Nach Güllegaben (15.5 und 24.6) wurden deutlich h\u00f6here Nmin-Werte gemessen.



 Die Nmin-Werte in ackerbaulich genutzten Parzellen sind fast durchwegs (z.T. deutlich) h\u00f6her als in futterbaulich genutzten Parzellen.

Vergleich der Ergebnisse mit der Fachliteratur

- Dass die Pflanzendecke bzw. die Kulturwahl einen entscheidenden Einfluss auf die Stickstoffauswaschung hat, wird in der Fachliteratur bestätigt. Während der vollen Entwicklung der Pflanzendecke ist kaum eine Auswaschung zu befürchten. So haben bei einer Naturwiese Gaben von bis zu 700 kg N/ha keine Erhöhung der Nitratauswaschung bewirkt (FURRER & STAUFFER, 1986). Bei Kulturen mit hohem Bracheanteil wie z.B. Silomais ist eine hohe Auswaschung zu erwarten. Er wird erst spät im Frühling in weiten Reihenabständen gesät und durchwurzelt den Boden nur langsam. Siehe dazu auch Tabelle 1.
- Die Beobachtung, dass Bodenbearbeitungsmassnahmen einen grossen Einfluss auf die Stickstoff-Mineralisation haben und dementsprechend die Gefahr von Austrägen in das Grundwasser erhöhen, wird in der Literatur ebenfalls bestätigt. So wurde z.B. festgestellt, dass nach dem Umbruch von Kleegrasbeständen die Nitratfrachten im Grundwasser deutlich angestiegen sind (FURRER & STAUFFER, 1986). Ganz allgemein fördert jegliche Bodenbearbeitung die Mineralisation der organischen Stickstoffverbindungen, weil der Boden belüftet wird. Die Einarbeitung von Ernterückständen führt ebenfalls zu einem Anstieg des Nitratgehaltes im Boden (SCHLOEMER, 1989)
- In Abhängigkeit der Kultur werden von FURRER et al. (1983) folgende jährliche Nitratfrachten angegeben: Grünland 2-10 kg N/ha, Ackerland (je nach Bracheanteil) 20-200 kg/ha, Mais u. Gemüse 50-200 kg/ha.
- Die Niederschlagsverteilung über das Jahr sowie die Evapotranspiration haben gemäss FURRER et al. (1983) einen starken Einfluss auf die Stickstoffauswaschung. Nach STADELMANN (1981) wird 90% des Nitrates in den Monaten November bis Mai ausgewaschen, weil die Versickerungsmengen durch die geringe Evapotranspiration gross sind. Ebenfalls gering ist die Evapotranspiration im Frühling auf Parzellen, die noch nicht oder nur teilweise bewachsen sind.
- Unter gewissen Voraussetzungen treten gemäss HOCHULI (1992) auch im Sommerhalbjahr hohe Nitratfrachten auf. Günstige Bedingungen sind lange und warme Trockenperioden mit anschliessenden heftigen Regenfällen. Durch die hohen Temperaturen wird viel organisches Material mineralisiert. Hohe Niederschlagsmengen versickern relativ rasch in den Makroporen und können dabei eine beträchtliche Fracht des zu Nitrat mineralisierten Stickstoffes austragen. Besonders krass sind die Auswaschungsraten auf Moorböden mit einem hohen Gehalt an organischer Substanz.

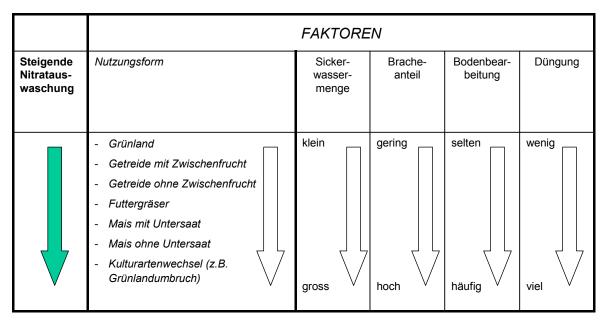


Tabelle 1: Faktoren der Nitratauswaschung aus dem Wurzelraum (abgeändert nach STADELMANN, 1987)

2.1.2.3 Nährstoffvorräte

Im Oktober 1996 wurden auf 14 landwirtschaftlich genutzten Parzellen im Projektgebiet Bodenproben entnommen. Alle Parzellen wurden zu diesem Zeitpunkt futterbaulich (Kunstwiese oder Naturwiese) oder als Streuefläche genutzt. Es wurde der physikalisch-chemische Zustand (pH, Körnung, Humusgehalt) sowie der Nährstoffvorrat (Phosphor, Kalium, Magnesium) analysiert. Die Parameter geben u.a. Auskunft über das Gefährdungspotential bezüglich Nährstoffauswaschung- bzw. - ausschwemmung. So ist z.B. bekannt, dass Phosphor und Kalium in Niedermoorböden die Mininumnährstoffe darstellen. Verfügen die landwirtschaftlich genutzten Parzellen über hohe Reserven an diesen Nährstoffen, so besteht eine erhöhte Gefahr an Nährstoffeinträgen in das Schutzgebiet.



Abbildung 4: Entnahmeplan der beprobten Parzellen

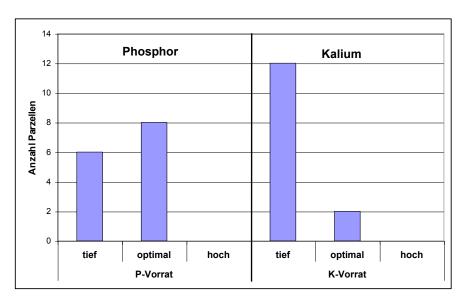


Abbildung 5: Nährstoffvorräte der beprobten Parzellen im Projektgebiet

- Die Vorräte an Phosphor und Kalium liegen durchwegs im optimalen oder tiefen Bereich.
- 6 Parzellen verfügen über hohe bis sehr hohe Vorräte an Magnesium.
- Die Calcium-Vorräte liegen durchwegs im optimalen Bereich.
- Die Humusgehalte schwanken sehr stark zwischen 2 und 34 Prozent. Mehrheitlich sind es jedoch organische Moorböden mit hohem Humusgehalt. Bei der Streueparzelle (Nr. 14) handelt es sich um einen mineralischen, mittelschweren Boden. Parzelle Nr. 2 ist ein mineralischer, leichter Boden.
- Tendenziell verfügen die Parzellen mit einem tiefen Humusgehalt über einen hohen pH-Wert (>7) und humusreiche Parzellen über einen tiefen pH-Wert (<7). Die Mehrheit der Parzellen ist somit schwach sauer.
- Der Tonanteil der einzelnen Parzellen schwankt sehr stark zwischen 8 und 30%. Böden mit tiefem Tonanteil haben eine geringe Nährstoffspeicherkapazität und umgekehrt. Mehrheitlich verfügen die Parzellen über einen tiefen Tongehalt und damit über eine geringe Nährstoffspeicherkapazität.
- Eine Kombination von geringem Tonanteil und hohem Humusgehalt hat zur Folge, dass die entsprechenden Böden zu einer hohen und teilweise unkontrollierten Mineralisierung neigen. Damit steigt auch die Gefahr der Nährstoffauswaschung.

Vergleich der Ergebnisse mit der Fachliteratur

Auch in der Literatur wird die Vermutung bestätigt, dass die Bodeneigenschaften einen Einfluss auf die Nitratauswaschung haben. Leichte Böden mit hohem Sandanteil sind wasserdurchlässiger als schwere Böden mit hohem Tonanteil und dementsprechend auswaschungsgefährdeter (JUERGENS-GSCHWIND & OWEN, 1986). Linear mit dem Humusgehalt steigt auch die mineralisierte Stickstoffmenge. Die Auswaschung verhält sich gemäss BOSSHART (1985) wie folgt: Stark humos > schwach humos > mineralisch. FURRER et al. (1983) geben an, dass ein kalkreicher Niedermoorboden (wie er im Projektgebiet teilweise vorliegt) bis zu 10'000 kg Stickstoff pro Hektare und Jahr mineralisieren kann, was zu einer hohen Nitratauswaschung führt.



2.1.3 Nährstoffflüsse

2.1.3.1 Nährstoffhaushalt der Landwirtschaftsbetriebe

Für alle Landwirtschaftsbetriebe im Projektgebiet, die über eine Betriebsfläche von mehr als 5 Hektaren verfügen, wurde in den Jahren 1997 und 2000 mit der "LBL-Methode" eine gesamtbetriebliche Nährstoffhaushaltrechnung durchgeführt. Mit dieser Methode wird festgestellt, ob auf einem Betrieb die gemäss Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (Walther et al. 1994) benötigten Nährstoffe mit den effektiv zur Verfügung stehenden Nährstoffmengen aus der Tierhaltung und den zugeführten Düngern übereinstimmen. Das Ausmass einer allfälligen Nährstoffüberversorgung bzw. –unterversorgung kann dadurch ebenfalls abgeschätzt werden. Beträgt der *relative Überschuss* (kg/ha düngbare Fläche) bei Stickstoff und Phosphor nicht mehr als 10%, so gilt der Nährstoffhaushalt eines Landwirtschaftsbetriebes als ausgeglichen. Die Berechnungen dienen gleichzeitig als Grundlage für die Quantifizierung des "Nettoeintrages Landwirtschaft", welche in Kapitel 2.1.3.2 durchgeführt wird.

Hinweis

In die Nährstoffhaushaltrechnungen der Landwirtschaftsbetriebe wird jeweils deren **gesamte Betriebsfläche** miteinbezogen. Sie beträgt für das Jahr 2000 total 564 Hektaren. Die meisten Flächen liegen zwar in den Gemeinden Ruggell und Schellenberg, jedoch **nicht nur im Projektperimeter**. Aufgrund von Erhebungen aus anderen Gebieten kann aber davon ausgegangen werden, dass die Nährstoffüberschüsse im Projektperimeter mit vorwiegend Naturwiesen eher geringer bzw. die Nährstoffdefizite eher grösser sind, da auf den Naturwiesen weniger intensiv gedüngt wird wie auf den Fruchtfolgeflächen. Bei der Beurteilung der nachfolgenden Ergebnisse sind diese Hinweise unbedingt zu berücksichtigen.

Ergebnisse der Auswertung

Tabelle 2: Gesamtnährstoffhaushalt aller Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha (Jahre 97/00)

	1997			2000		
	Stickstoff	Phosphor	Kalium	Stickstoff	Phosphor	Kalium
Überschuss/Defizit total in kg	+3'707	+3'184	+36'710	+2'383	-795	+31'975
Überschuss/Defizit in kg/ha LN	+7.3	+6.3	+72.5	+4.2	-1.4	+56.7

Achtung:

Es handelt sich hier um eine gesamtbetriebliche Betrachtung d.h. sämtliche Nährstoffzufuhren und – entzüge auf allen Betriebsflächen wurden berücksichtigt. Nur ein Teil dieser Betriebsflächen befindet sich jedoch im Projektperimeter.

Kommentar

- Im Beobachtungszeitraum wurde der *absolute Überschuss* bei allen Nährstoffen deutlich reduziert. Die Reduktion betrug zwischen 13% (Kalium) und 125% (Phosphor).
- Beim Phosphor lag im Jahr 2000 gar ein Defizit vor d.h. die zur Verfügung stehende Phosphormenge war geringer als der Phosphorbedarf der Kulturen.
- Der hohe Überschuss beim Kalium resultiert hauptsächlich aus der Rindviehhaltung, da deren Gülle und Mist einen überdurchschnittlichen Kaliumgehalt aufweist.

BZG

¹ Nährstoffhaushaltrechnung nach Landwirtschaftlicher Beratungszentrale Lindau

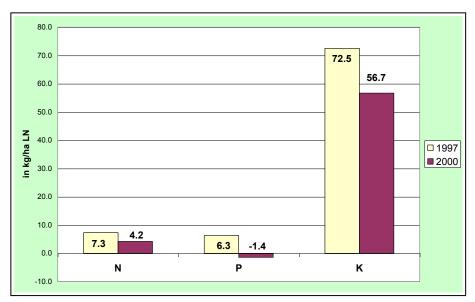


Abbildung 6: Gesamtnährstoffhaushalt (in kg/ha LN) aller Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha(Vergleich 97/00)

Kommentar

- Auch der relative Überschuss (kg/ha düngbare Fläche) wurde im Beobachtungszeitraum bei allen Nährstoffen deutlich reduziert. Die Reduktion betrug zwischen 18% (Kalium) und 124% (Phosphor).
- Die Reduktion ist einerseits auf einen geringeren Tierbesatz und andererseits auf eine geringere Düngerzufuhr in Form von Handelsdüngern und Klärschlamm zurückzuführen.
- Die Stickstoff- und Phosphorüberschüsse sind vergleichsweise gering. In anderen Projektgebieten wurde z.B. beim Stickstoff ein Überschuss von 71 kg/ha düngbare Fläche und beim Phosphor ein solcher von 9.5 kg errechnet.

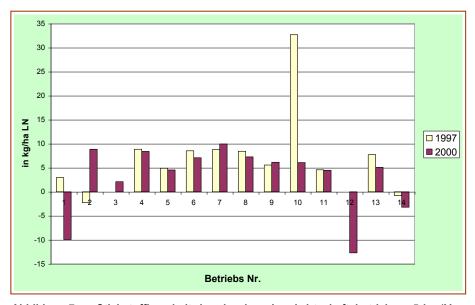


Abbildung 7: Stickstoffhaushalt der einzelnen Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha (Vergleich 97/00)



Kommentar

- Mit Ausnahme von 1 Betrieb (Nr. 10, 1997) kann der Stickstoffhaushalt als ausgeglichen bezeichnet werden.
- Der relative Stickstoffhaushalt war bei den meisten Betrieben sehr ähnlich. Bei einer Mehrheit der Betriebe betrug der Stickstoffüberschuss im Beobachtungszeitraum zwischen 5 und 10 kg/ha LN.
- Bei 3 von 14 Betrieben lag gemäss Nährstfoffhaushaltrechnung im Jahr 2000 gar ein Stickstoffdefizit vor.

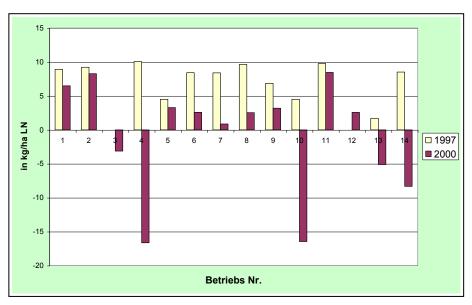


Abbildung 8: Phosphorhaushalt der einzelnen Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha (Vergleich 97/00)

Kommentar

- Der Phosphorhaushalt kann bei sämtlichen Betrieben als ausgeglichen bezeichnet werden.
- Der relative Phosphorhaushalt war 1997 bei den meisten Betrieben sehr ähnlich. Bei einer Mehrheit der Betriebe betrug der Phosphorüberschuss in diesem Jahr zwischen 5 und 10 kg/ha LN.
- Im Jahr 2000 war der Phosphorhaushalt der einzelnen Betriebe stark unterschiedlich. Sämtliche Betriebe haben jedoch seit 1997 ihren Phosphorüberschuss reduziert. 4 von 14 Betrieben weisen im Jahr 2000 gar ein Defizit zwischen 3 und 17 kg auf.

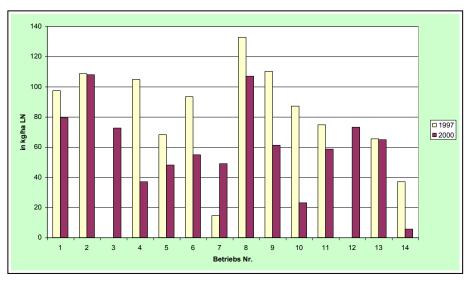


Abbildung 9: Kaliumhaushalt der einzelnen Landwirtschaftsbetriebe > 5 ha (Vergleich 97/00)

Kommentar

- Der Kaliumhaushalt ist bei den meisten Betrieben nicht ausgeglichen und weist in der Regel einen deutlichen Überschuss auf. Gesamthaft beträgt der Überschuss für das Jahr 2000 knapp 32'000 kg bzw. knapp 57 kg/ha LN.
- Im Beobachtungszeitraum haben 10 von 14 Betrieben ihren relativen Kaliumüberschuss reduziert. Nur bei 1 Betrieb hat der Überschuss zugenommen.
- Zu rund zwei Dritteln (ca. 21'500 kg) ist der Kaliumanfall aus den Hofdüngern verantwortlich für den hohen Überschuss. Auf den meisten Betrieben ist die Rindviehhaltung der Hauptbetriebszweig. Bekanntlich weisen Rindviehgülle und –mist einen überdurchschnittlichen Kaliumgehalt auf.
- Zu rund einem Drittel (ca. 10'500 kg) sind die Handelsdünger verantwortlich für den Kaliumüberschuss. Für eine bedarfsgerechte Düngung einzelner Kulturen kann jedoch eine Düngung mit Kalium-Handelsdünger durchaus notwendig sein.

2.1.3.2 Nettoeintrag Landwirtschaft

Die Erfassung bzw. Bilanzierung der Nährstoffflüsse (Stickstoff, Phosphor, Kalium) aller Landwirtschaftsbetriebe in den Gemeinden Ruggell und Schellenberg mit einer Betriebsfläche von mehr als 5 Hektaren soll zeigen, welchen Beitrag die landwirtschaftliche Nutzung zum Gesamtinput an Nährstoffen (N, P und K) im Projektgebiet leistet. Dieser Input wird als "Nettoeintrag Landwirtschaft" bezeichnet. Ein Teil der dafür notwendigen Berechnungen wurde bereits im Kapitel 2.1.3.1 durchgeführt.

Hinweis

Bei den nachfolgenden Berechnungen handelt es sich um eine theoretische Betrachtung von N\u00e4hrstofffl\u00fcssen. Sie sind nicht geeignet als Grundlage f\u00fcr eine allf\u00e4llf\u00e4lige D\u00fcngungsplanung.



für Stickstoff

N Nettoeintrag = N Hofdünger + N org. Abfalldünger* + N Handelsdünger + N Deposition - N Ernteentzug

für Phosphor

P Nettoeintrag = P Hofdünger + P org. Abfalldünger* + P Handelsdünger - P Ernteentzug

für Kalium

K Nettoeintrag = K Hofdünger + K org. Abfalldünger* + K Handelsdünger - K Ernteentzug

Hinweis zum Stickstoffeintrag über die Atmosphäre (N Deposition)

Wenn der Stickstoffentzug der Kulturen grösser ist als der mit der Düngung zugeführte Stickstoff und kein Abbau der organischen Substanz im Boden stattfindet, ist dieser Stickstoff in der Pflanze durch Mikroorganismen aus der Atmosphäre fixiert worden. In diesem Fall berechnet sich die aus der Atmosphäre fixierte Stickstoffmenge wie folgt:

 $N_{\text{Depositon}} = N_{\text{Ernteentzug}} - N_{\text{Normdüngung}}$

A) Nettoeintrag Stickstoff

Tabelle 3: Stickstoffbilanz Landwirtschaft (Jahr 2000)

	kg N/Jahr	kg N/ha undJahr
N-Stoffflüsse Landwirtschaft		
Inputs		
+ Hofdünger	+25'047	+44.5
+ Organische Abfalldünger	+1'335	+2.4
+ Handelsdünger	+20'892	+37.0
Output		
- Erntegut	-44'981	-79.7
N-Bilanz Landwirtschaft	+2'293	+4.2

Kommentar

- Die Bilanz der Stickstoffflüsse der Landwirtschaft weist einen Überschuss von 4.2 kg/ha und Jahr auf.
- Die Hofdünger decken rund 56% des Stickstoffbedarfes der Kulturpflanzen.
- Mit 3% ist der Anteil der organischen Abfalldünger nur sehr gering.
- Der restliche Stickstoffbedarf der Kulturpflanzen wird durch Handelsdünger mehr als gedeckt.
- Für eine ausgeglichene Bilanz könnte der Einsatz an Stickstoff-Handelsdünger um mehr als 11% reduziert werden.

^{*} organische Abfalldünger: Kompost und Klärschlamm



B) Nettoeintrag Phosphor

Tabelle 4: Phosphorbilanz Landwirtschaft (Jahr 2000)

	kg P/Jahr	kg P/ha undJahr
P-Stoffflüsse Landwirtschaft		
Inputs		
+ Hofdünger	+20'263	+43.7
+ Organische Abfalldünger	+2'670	+5.7
+ Handelsdünger	+5'810	+12.5
Output		
- Erntegut	-29'539	-63.6
P-Bilanz Landwirtschaft	-796	-1.4

Kommentar

- Die Phosphorbilanz weist Defizit von 1.4kg/ha und Jahr auf.
- Die Hofdünger decken rund 69% des Phosphorbedarfes der Kulturpflanzen.
- Mit 9% ist der Anteil des Klärschlamms ebenfalls nur gering.
- Der restliche Phosphorbedarf der Kulturpflanzen wird durch Handelsdünger mehr als gedeckt.
- Für eine ausgeglichene Bilanz könnte der Einsatz an Phosphor-Handelsdünger um rein theoretisch mehr als 13% erhöht werden. Eine Notwendigkeit für diese Massnahme ist jedoch nicht gegeben.

C) Nettoeintrag Kalium

Tabelle 5: Kaliumbilanz Landwirtschaft (Jahr 2000)

	kg K/Jahr	kg K/ha undJahr
K-Stoffflüsse Landwirtschaft		
Inputs		
+ Hofdünger	+101'832	+180.0
+ Organische Abfalldünger	+178	+0.3
+ Handelsdünger	+10'408	+18.4
Outnut		
Output		
- Erntegut	-80'073	-142
K-Bilanz Landwirtschaft	+32'345	+56.7

Kommentar

Die Kaliumbilanz weist einen Überschuss von 56.7 kg/ha und Jahr auf.



- Bereits die Hofdünger decken den Kaliumbedarf der Kulturpflanzen um mehr als 126% d.h. die Zufuhr von Handelsdünger wäre zur Bedarfsdeckung nicht notwendig.
- Der Anteil der organischen Abfalldünger ist vernachlässigbar klein.
- Für eine ausgeglichene Bilanz müsste einerseits der Hofdüngeranfall (v.a. aus Rindviehhaltung) reduziert und andererseits auf den Einsatz von Kalium-Handelsdünger vollständig verzichtet werden.

Vergleich der Ergebnisse mit der Fachliteratur

Projekt "Furttal" (HOCHULI, 1992)

- Die Phosphorbilanz ergibt einen j\u00e4hrlichen \u00dcberschuss von 9.5 kg P/ha und Jahr. Der Hofd\u00fcngerfluss deckt knapp die H\u00e4lfte des Ernteentzuges. Der Kl\u00e4rschlammfluss macht 18% des Ernteentzuges aus. Die H\u00e4lfte des aktuellen P-Handelsd\u00fcngerumsatzes w\u00fcrde f\u00fcr eine ausgeglichene Bilanz ausreichen.
- Die höchsten P-Überschüsse finden sich auf Flächen mit hoher (> 2 DGVE/ha) Tierdichte sowie auf Fruchtfolgeflächen. Auf Naturwiesen sind die Überschüsse am geringsten.
- Die Stickstoffbilanz ergibt einen jährlichen Überschuss von rund 71 kg N/ha. Der Hofdüngerfluss deckt knapp die Hälfte des Stickstoffbedarfes der Kulturpflanzen. Rund 52% des Stickstoffbedarfes wird durch Handelsdünger gedeckt. Die aus der Atmosphäre biologisch fixierte Stickstoffmenge entspricht ungefähr dem Bilanzüberschuss. Vermutlich rechnen die Landwirte nur einen Teil der biologisch fixierten Stickstoffmenge und einen Teil des Hofdüngers an, wenn sie den Handelsdüngerbedarf der Kulturen berechnen. Im Furttal müssten 80% weniger Stickstoffhandelsdünger ausgebracht werden, um eine ausgeglichene Bilanz zu erhalten.

2.1.3.3 Bilanzierung des Prozesses "Boden"

Um die Auswaschung von Nährstoffen aus dem Prozess "Boden" bzw. die potentielle Gefahr einer Eutrophierung im Schutzgebiet abschätzen zu können, muss der "Prozess Boden" mit den Inputs "Nettoeintrag Landwirtschaft", "Deposition" sowie den Outputs "Denitrifikation" und "Erosion" bilanziert werden. Die Mineralisation des organischen Materials ist kein direkter Input in den Boden, doch sie kann die Auswaschung entscheidend beeinflussen.

- Unter Auswaschung versteht man den Verlust an N\u00e4hrstoffen im Boden, welcher durch das Versickern von Wasser durch den Boden hervorgerufen wird, wobei die N\u00e4hrstoffe mit dem Oberfl\u00e4chen- oder Grundwasser abfliessen.
- Als Deposition wird der Eintrag von Stickstoffverbindungen aus der Atmosphäre in den Boden verstanden.
- Unter *Denitrifikation* versteht man die Fähigkeiten von Mikroorganismen, selektiv Nitrat durch enzymatische Aktivitäten zu molekularem Stickstoff (NO, N₂O, N₂) zu reduzieren. Diese gasförmigen Verbindungen können in die Atmosphäre entweichen. Wie bei der Nitrifikation sind auch bei der Denitrifikation verschiedene bakterielle Enzyme beteiligt. An der Umwandlung des Nitrat-Stickstoffes sind Organismen beteiligt, die man allgemein als Denitrifikanten bezeichnet. Hierzu gehören viele aerobe Bakterienarten, wie z.B. Pseudomonasdenitrificans.
- Unter *Erosion* versteht man den Verlust an Bodenmaterial durch Wind, Wasser und Eis. Dieser ist immer auch mit einem Verlust an N\u00e4hrstoffen verbunden.

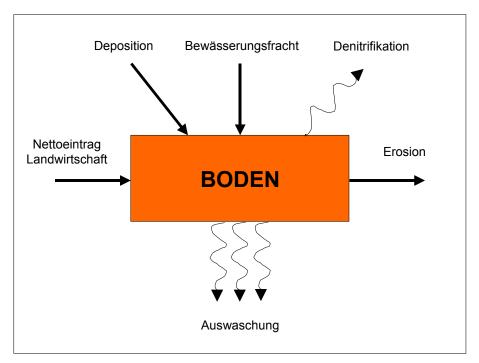


Abbildung 10: Stofffluss-Systeme in und aus dem Prozess "Boden"

Die Bilanzierung wird wie folgt vorgenommen:

Ausser dem "Nettoeintrag Landwirtschaft" wurden im Rahmen dieser Grundlagenstudie keine weiteren Inputs und Outputs berechnet, da die Berechnungen den Projektumfang übersteigen würden. Deshalb wurden Werte aus der Fachliteratur herangezogen und verschiedene Annahmen getroffen. In jedem Fall ist nur eine grobe Schätzung möglich, da die Werte für die In- und Outputs wie nachfolgend ersichtlich sehr stark schwanken.

Deposition: Die Werte in der Fachliteratur schwanken zwischen 16 und 50 kg N/ha und Jahr. Für die Berechnungen im Rahmen dieser Studie wird ein durchschnittlicher Depositionswert von 30 kg N/ha und Jahr angenommen.

Abbau des organischen Materials: Durch Mineralisation und Nitrifikation wird organisch gebundener Stickstoff im Boden zu Nitrat abgebaut und somit pflanzenverfügbar oder kann ausgewaschen werden. Pro Jahr werden 1-2% der organischen Verbindungen des Bodens abgebaut, was ca. 100-200 kg N/ha entspricht. Doch kann die mineralisierte Stickstoffmenge in einem Moorboden um ein Mehrfaches ansteigen (PRESLER & GYSI, 1989), so dass viel Stickstoff ausgewaschen wird.

Denitrifikation: GUPTA (1988) gibt an, dass die jährlichen Denitrifikationsverluste zwischen 1 und 233 kg N/ha schwanken. Je nach Kulturart, physikalischer und chemischer Bodeneigenschaft, sowie klimatischen Bedingungen ist die Denitrifikation verschieden. Im Grünland sind die Verluste mit über 200 kg N/ha am höchsten. Maximale N-Verluste von 7 kg



N/ha und Tag entstehen in Anwesenheit von erhöhten Gehalten an Nitrat und Wasser, leicht abbaubarer organischer Substanz und hohen Temperaturen (SCHLOEMER, 1989). Weil die Denitrifikation von vielen Faktoren beeinflusst wird, kann sie nur schwer quantifiziert werden. Anhand der Angaben von GUPTA (1988) wurden für die massgeblichen Kulturen folgende Denitrifikationsverluste angenommen: Grünland: 80 kg N/ha, Ackerkulturen: 10 kg N/ha

Erosion: BRAUN et al. (1991) geben einen Verlust an Bodenmaterial von 2.5 t/ha und Jahr an. Die Nährstoffgehalte im Oberboden schwanken je nach Bodentyp sehr stark. Aufgrund der im Projektperimeter vorherrschenden Bodentypen ist von tendenziell eher tiefen Nährstoffgehalten auszugehen. Deshalb werden jeweils folgende mittlere Gehaltswerte aus der Fachliteratur (BLUME, 1990) angenommen.

- Der *Stickstoffgehalt* des Oberbodens beträgt im Durchschnitt 1.5g/kg. Bei einer Ablagerung des erodierten Materials von 60% (STEIGER & BACCINI, 1990) ergibt dies einen jährlichen Stickstoffverlust von rund 2.25 kg N/ha.
- Der *Phosphorgehalt* des Oberbodens beträgt im Durchschnitt 0.5g/kg. Bei einer Ablagerung des erodierten Materials von 60% (STEIGER & BACCINI, 1990) ergibt dies einen jährlichen Phosphorverlust von rund 0.75 kg P/ha.
- Der Kaliumgehalt des Oberbodens beträgt im Durchschnitt 15g/kg. Bei einer Ablagerung des erodierten Materials von 60% (STEIGER & BACCINI, 1990) ergibt dies einen jährlichen Kaliumverlust von 22.5 kg K/ha.

Aufgrund des berechneten "Nettoeintrages Landwirtschaft" und der angenommenen Werte aus der Fachliteratur ergeben sich für die Bilanz des Prozesses "Boden" bzw. das Auswaschungspotential folgende Ergebnisse:

A) Stickstoff-Auswaschungspotential

$$N_{Auswaschung} = N_{Nettoeintrag LW} + N_{Deposition} - N_{Denitrifikation} - N_{Erosion}$$

für Grünland
- 48.15 kg = +4.1 kg + 30 kg - 80 kg - 2.25 kg

für offene Ackerflächen
+21.85 kg = +4.1 kg + 30 kg - 10 kg - 2.25 kg

Kommentar

- Das Stickstoff-Auswaschungspotential beim Grünland ist somit sehr gering, da die Inputs durch den "Nettoeintrag Landwirtschaft" und die "Deposition" von den Outputs "Denitrifikation" und "Erosion" mehr als kompensiert werden. Stickstoffauswaschungen sind eigentlich nur zu erwarten, wenn Grünland umgebrochen wird. Durch die Mineralisation der Pflanzenreste werden grosse Mengen an Nitrat freigesetzt, welche ausgewaschen werden können.
- Anders ist die Situation bei den offenen Ackerflächen. Hier können pro Hektare und Jahr durchschnittlich knapp 22 kg Stickstoff ausgewaschen werden. Die effektive Auswaschung wird u.a. durch die Kulturwahl beeinflusst. Mit den grössten Verlusten ist bei Kulturen mit hohem Bracheanteil wie z.B. Silomais zu rechnen. Bei drainierten Flächen können diese Überschüsse via Drainage in den Vorfluter gelangen. Auf den restlichen Flächen kann der Stickstoff ins Grundwasser ausgewaschen werden.

B) Phosphor-Auswaschungspotential

$$P_{\text{Auswaschung}} = P_{\text{Nettoeintrag LW}} - P_{\text{Erosion}}$$

$$-2.15 \text{ kg} = -1.4 \text{ kg} - 0.75 \text{ kg}$$



Kommentar

Das Phosphor-Auswaschungspotential ist aufgrund der theoretischen Berechnungen sehr gering, da es sich beim "Nettoeintrag Landwirtschaft" eigentlich um einen "Nettoaustrag Landwirtschaft" handelt und zudem noch ein geringer Output durch die Erosion resultiert.

C) Kalium-Auswaschungspotential

Kommentar

Das Kalium-Auswaschungspotential ist relativ hoch. Durchschnittlich k\u00f6nnen aufgrund der theoretischen Berechnungen pro Hektare und Jahr mehr als 34 kg Kalium ausgewaschen werden. Dieses Auswaschungspotential resultiert zur Hauptsache aus dem hohen "Nettoeintrag Landwirtschaft". Die effektive Auswaschung kann noch weit gr\u00f6sser sein, da der Kaliumgehalt des Oberbodens sehr stark (2-30 g/kg) schwanken kann.

Achtung: Eine Auswaschung findet aber bekanntlich nur statt, wenn Wasser durch den Boden versickert. Darum müssen auch die Wasserflüsse miteinbezogen werden.

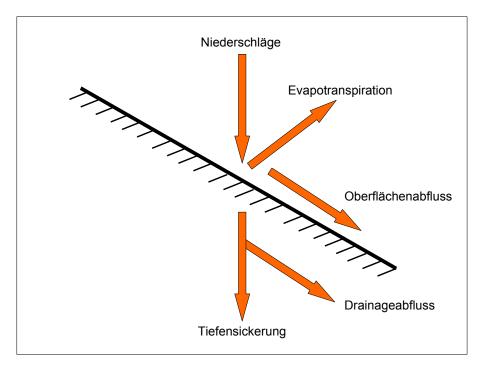


Abbildung 11: Wasserflüsse (Hochuli, 1992)

Eine Berechnung der Wasserflüsse ist jedoch sehr aufwendig und wurde bisher nicht vorgenommen. Auf eine Wiedergabe der Berechnungsformeln wird deshalb verzichtet.



3 Schlussfolgerungen

Allgemein

Die landwirtschaftliche Nutzung birgt in Bezug auf eine Eutrophierung im Schutzgebiet ein grosses Gefahrenpotential in sich. Die bisherigen Abklärungen lassen noch keine schlüssige Ursachenfeststellung zu. Massnahmen zur Reduktion der Eutrophierung können aber erst eingeleitet werden, wenn die Ursachen schlüssig bekannt sind. Vorgängig ist in jedem Fall eine parzellenweise Nutzungsanalyse des Futter- und des Ackerbaus im Projektgebiet notwendig.

Böden

- Aufgrund ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften (geringe Nährstoffspeicherkapazität, hoher Humusgehalt etc) weisen die meisten Böden im Ruggeller Riet eine geringe Nährstoffspeicherkapazität (KAK) auf und sind deshalb stark auswaschungsgefährdet. Dementsprechend hoch sind die Anforderungen an eine standortgerechte und nachhaltige Nutzung.
- Aufgrund des vergleichsweise tiefen natürlichen Ertragsniveaus der landwirtschaftlich genutzten Parzellen ist der Nährstoffnachlieferungsbedarf eher gering. Entsprechend gross ist die Gefahr für eine Überdüngung bzw. Nährstoffauswaschung.
- Die Kenntnisse der Landwirte in Bezug auf die Bewirtschaftung von "auswaschungsgefährdeten" Böden müssen verbessert werden. Insbesondere betrifft dies die Bereiche Kulturwahl, Düngung sowie Maschineneinsatz. Dazu ist eine laufende Sensibilisierung und gezielte Weiterbildung der Landwirte notwendig.

Nutzung

- Eine Reduktion des Eutrophierungsgrades im Schutzgebiet kann nur teilweise über eine weitere Reduktion der offenen Ackerfläche im umliegenden Gebiet erreicht werden, da deren Anteil mittlerweile sehr gering ist.
- Eine parzellenweise Nutzungsplanung kann einen wichtigen Beitrag zur Sicherstellung einer standortgerechten Nutzung leisten. Der biologisch fixierte Stickstoff aus der Atmosphäre ist dabei in die Düngungsplanung miteinzubeziehen.
- Die Einhaltung der Anforderungen an eine standortgerechte und nachhaltige Nutzung muss laufend überprüft werden.
- Die Einführung des Direktzahlungs- und Abgeltungsgesetzes f\u00f6rdert grunds\u00e4tzlich die standortgerechte Nutzung der Parzellen im Projektgebiet. Die Beitragszahlungen gen\u00fcgen jedoch nicht
 in allen F\u00e4llen zur Sicherstellung einer standortgerechten Nutzung. Sie kann nur \u00fcber zus\u00e4tzliche finanzielle Anreize erreicht werden.

Düngung

- Dank einer deutlichen Reduktion der Stickstoff- und Phosphorüberschüsse bei den Landwirtschaftsbetrieben in den vergangenen Jahren ist die Gefahr einer Eutrophierung im Schutzgebiet durch die landwirtschaftliche Nutzung im umliegenden Gebiet geringer geworden. Besondere Beachtung ist aber nach wie vor den hohen Kaliumüberschüssen der Landwirtschaftsbetriebe zu schenken.
- Zur Reduktion des Eutrophierungsgrades im Schutzgebiet drängt sich eine weitere Reduktion des Tierbesatzes nicht auf. Vielmehr kann durch eine gezielte Hofdüngerverteilung die Gefahr einer Überdüngung reduziert werden.



4 Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Um eine gezielte Reduktion des Eutrophierungsgrades im Schutzgebiet einleiten zu können, sind die Ursachen schlüssig zu ergründen. Im Rahmen der bisherigen Projektaktivitäten wurden die dafür notwendigen Grundlagen weitgehend erarbeitet. Die zweite Projektphase ist weiterhin einer gezielten Ursachenforschung zu widmen. Das zusätzliche Schwergewicht der künftigen Aktivitäten muss jedoch in der Planung und Durchführung der Umsetzungsmassnahmen liegen. Die nachfolgende Darstellung gibt einen Überblick zu den vorgeschlagenen Massnahmen.

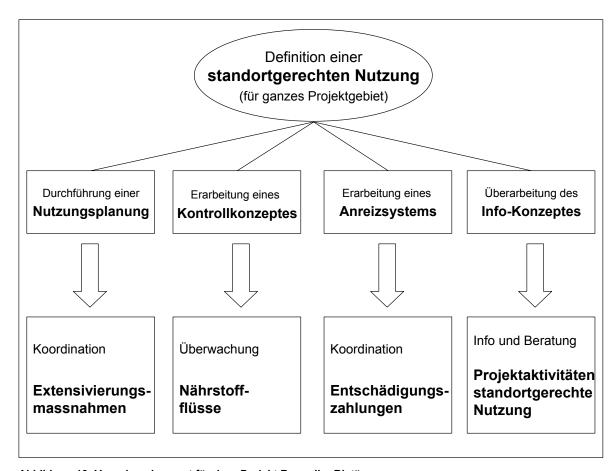


Abbildung 12: Vorgehenskonzept für das "Projekt Ruggeller Riet"

Wie aus der Darstellung ersichtlich wird ein schrittweises Vorgehen empfohlen. Nach dem Abschluss der Grundlagenarbeiten ist eine umfassende Planung durchzuführen. Erst danach können Massnahmen zur Reduktion des Eutrophierungsgrades ergriffen werden. Hierzu die wichtigsten Erläuterungen:

4.1 Grundlagenarbeiten

Definition einer standortgerechten Nutzung

Vor dem Beginn der Planungsmassnahmen sind die Grundlagenarbeiten mit einer allgemeinen Definition der standortgerechten Nutzung für das ganze Projektgebiet abzuschliessen. Sämtliche Erkenntnisse aus den bisher erarbeiteten Grundlagen von Wasserhaushalt, Boden (Bodeneignung,



Nutzungsempfehlung) und Agrarnutzung sind darin einzubeziehen. Folgende Aspekte einer standortgerechten Nutzung sind dabei konkret zu definieren:

- Kulturwahl und Anbauplanung
- Abstufung des Futterbaus
- Maschineneinsatz (Art, Zeitpunkt, Häufigkeit, Verfahren)
- Düngung (Art, Menge, Zeitpunkt, Verfahren)

4.2 Planungsarbeiten

Durchführung einer Nutzungsplanung

Im Projektperimeter gibt es unterschiedliche Bodentypen. Dementsprechend variiert auch ihre Nutzungseignung. Die in den Grundlagen allgemein definierten Anforderungen an eine standortgerechte Nutzung sind auf die Stufe jeder einzelnen Parzelle im Projektperimeter herabzubrechen. Die Nutzungsplanung ist somit ein wichtiges Hilfsmittel zur Durchführung allfälliger Extensivierungsmassnahmen. Die von Oeplan GmbH bereits erarbeiteten Grundlagen in der Bodenkarte "Futterbauliche Nutzungseignung Ruggeller Riet" sind dabei zu berücksichtigen.

Erarbeitung eines Kontrollkonzeptes

Nur bei einer vollständigen Einhaltung der Anforderungen an eine standortgerechte Nutzung kann das Projektziel erreicht werden. Zumindest in einer ersten Phase ist es deshalb unumgänglich, dass die Nährstoffflüsse und die Bewirtschaftungsmassnahmen periodisch überwacht werden. Dafür ist ein entsprechendes Kontrollkonzept zu erarbeiten.

Erarbeitung eines Anreizsystems

Auf vielen Parzellen wird eine Extensivierung unumgänglich sein. Die Ertragsreduktion ist für den Bewirtschafter jedoch mit finanziellen Einbussen verbunden. Da er schlussendlich nicht zur Einhaltung der Anforderungen an eine standortgerechte Nutzung gezwungen werden kann, sind die entsprechenden finanziellen Anreize zu schaffen. Die Entschädigungen sind so auszugestalten, dass die Einbussen durch die Nutzungseinschränkungen zumindest kompensiert werden oder gar eine leichte Einkommenssteigerung resultiert. Wichtige Elemente des Anreizsystems sind...

- die Erhebung der aktuellen Ertragssituation
- die Quantifizierung der Ertragseinbussen durch Nutzungseinschränkungen
- die Höhe bzw. Abstufung der Entschädigungsansätze

Überarbeitung des Info-Konzeptes

Das Schwergewicht des bisherigen Info-Konzeptes lag in der periodischen Information der Bauern und Bodenbesitzer über Projektstand und –massnahmen sowie den Einbezug in Entscheidungsprozesse. Dadurch konnte einerseits eine Sensibilisierung für die Problematik sowie andererseits eine bessere Akzeptanz für die geplanten Massnahmen erreicht werden. Für die Weiterführung des Projektes ist eine Überarbeitung des Info-Konzeptes notwendig. Neben der Information über die Projektaktivitäten muss der gezielten Beratung der Bewirtschafter in Bezug auf eine standortgerechte Bodennutzung grosse Beachtung geschenkt werden. Schlussendlich sind es die Bewirtschafter, wel-



che die Extensivierungsmassnahmen umsetzen und damit von Seiten der Landwirtschaft den wichtigsten Beitrag zur Erreichung des Projektzieles leisten.

4.3 Umsetzungsarbeiten

Koordination der Extensivierungsmassnahmen

Je nach Umfang kann eine Extensivierung für einen Landwirtschaftsbetrieb weitreichende Konsequenzen haben. Sie nimmt u.a. Einfluss auf Grundfutterbilanz, Nährstoffhaushalt und Arbeitsbedarf. Für eine reibungslose Umsetzung der Extensivierungsmassnahmen müssen die Betriebe in diesen Bereichen unterstützt und beraten werden.

Überwachung der Nährstoffflüsse

Nachfolgende Massnahmen sind zur Überwachung der Nährstofflüsse aus der Landwirtschaft zu ergreifen:

- Überprüfung der einzelbetrieblichen Nährstoffbilanzen
- Überprüfung der Aufzeichnungen zur Kulturführung (Düngung, Schnittregime, Maschineneinsatz etc.)
- Überprüfung der Anbauplanung
- etc.

Koordination Entschädigungszahlungen

Die Auszahlung der Entschädigungen für die Nutzungseinschränkungen müssen reibunglos funktionieren. Nachfolgende Fragen sind deshalb zu klären bzw. zu regeln:

- Entschädigungsberechtigter
- Auszahlungsberechtigter
- Zuständigkeit für die Auszahlung
- Zeitpunkt der Auszahlung
- Allfällige Anpassungen der Entschädigungsansätze
- Höhe der Kürzungen bei Nichteinhaltung der Anforderungen
- etc.

Information und Beratung bezüglich Projektaktivitäten und standortgerechte Nutzung

Die Information der Direktbetroffenen soll wie bisher weitergeführt werden. Im Zentrum stehen dabei die regelmässige Durchführung von Informationsversammlungen und Feldbegehungen. Die Beratung in Bezug auf eine standortgerechte Nutzung soll wie bisher im Rahmen von Gruppenberatungen und neu auch im Rahmen von Einzelberatungen stattfinden. Eine Einzelberatung ist notwendig, da es nicht mehr nur um die Vermittlung von allgemeinen Grundsätzen geht, sondern konkrete Massnahmen auf den einzelnen Parzellen umgesetzt werden müssen.



5 Literaturverzeichnis

- BLUME, H.P. (1990). Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und Bodenbelastung; vorbeugende und abwehrende Massnahmen. Landsberg/Lech.
- BOSSHART, U. (1985). Einfluss der Stickstoffdüngung und der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweise auf die Nitratauswaschung ins Grundwasser. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Hydrologie Nr. 32, Bern.
- BRAUN, M. et al. (1991). Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer im Rheineinzugsgebiet der Schweiz unterhalb der Seen. FAC Liebefeld und BUWAL, Bern.
- FURRER, O.J., STADELMANN, F.X. und STAUFFER, W. (1983). Grundwasserqualität und Landwirtschaft. Wiener Mitteilungen Wasser, Abwasser, Gewässer, Band 51.
- FURRER, O.J., STADELMANN, F.X. und STAUFFER, W. (1986). Stickstoff in der Landwirtschaft, Gas-Wasser-Abwasser 7, 460-472
- GUPTA, S.K. (1988). Ursachen von N-Verlusten durch Denitrifikation und Möglichkeiten zur Verminderung, Konsequenzen. Oktobertagung: Stickstoff in der Landwirtschaft, Luft und Umwelt, Schriftenreiche 7, FAC Liebefeld-Bern.
- HOCHULI, K. (1992). Untersuchung des Nährstoffeintrages in landwirtschaftlichen Böden und Drainagewasser im zürcherischen Furttal. Diplomarbeit, ETH Zürich.
- JUERGENS-GSCHWIND, S. und OWEN T:R: (1986). Nitrat im Trinkwasser Sündenbock die Landwirtschaft? BASF-Mitteilungen Landbau, H 2, 1-101.
- PRESLER, J. und GYSI, CH. (1989). Organische Böden des schweizerischen Mittellandes. Bericht 28 des Nationalen Forschungsprogrammes "Boden", Liebefeld-Bern.
- SCHLOEMER, S. (1989). Sitckstoffverluste durch Denitrifikation in einem gemüsebaulich genutzten Boden. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.
- STADELMANN, F.X. (1981). Der Einfluss der Stickstoffmobilisierung, Nitrifikation und Düngung auf die Nitratauswaschung ins Grundwasser. Nitrat im Gemüsebau und Landwirtschaft, Gottlieb Duttweiler-Institut, 49-84.
- STADELMANN, F.X. (1987). N-Flüsse zwischen Atmosphäre und Landwirtschaft Konsequenzen für die Beratung und die Praxis. LBL-Tagung "Düngung: Hofdüngermanagement", Sissach.
- VON STEIGER, B. OBRIST J., und SCHAERER, F. (1990). Regionale Stoffbilanzierung von landwirtschaftlichen Böden mit messbarem Ein- und Austrag. Bericht 38 des Nationalen Forschungsprogrammes "Boden", Liebefeld-Bern